

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y**  
**EMPRESARIALES**

**Departamento de Economía Aplicada II**  
**(Estructura Económica y Economía Industrial)**



**IMPACTO DE LA INNOVACIÓN Y LA AYUDA CIENTÍFICO-  
TECNOLÓGICA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**  
**PRESENTADA POR**

**Ainoa Quiñones Montellano**

Bajo la dirección del doctor

Antonio Vázquez Barquero

**Madrid, 2013**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**



**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES**

**Departamento de Economía Aplicada II**

**IMPACTO DE LA INNOVACIÓN Y LA AYUDA  
CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN LOS PAÍSES EN  
DESARROLLO**

---

**TESIS DOCTORAL**

**AUTORA**

**Ainoa Quiñones Montellano**

**DIRECTOR**

**Antonio Vázquez Barquero**



**UNIVERSITY COMPLUTENSE OF MADRID**



**FACULTY OF ECONOMICS AND BUSINESS**

**Department of Applied Economics II**

**IMPACT OF INNOVATION AND AID FOR  
SCIENCE AND TECHNOLOGY IN DEVELOPING  
COUNTRIES**

---

**PhD THESIS**

**AUTHOR**

**Ainoa Quiñones Montellano**

**SUPERVISOR**

**Antonio Vázquez Barquero**



*A mis padres por todo su cariño y dedicación*

*A Sergio, mi compañero de vida y gran apoyo*



# AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis Doctoral es el resultado de cuatro años de intensa investigación, en los que he contado con el apoyo financiero de una beca FPI de la Universidad Politécnica de Madrid financiada por la Cátedra ISDEFE (Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España) y una plaza de profesora ayudante en la Universidad de Cantabria, además del apoyo institucional de la Universidad Complutense de Madrid y el Instituto Complutense de Estudios Internacionales (ICEI). La Tesis se ha beneficiado de tres meses de estancia de investigación en el Institute of Development Studies (IDS) de la Universidad de Sussex en el equipo KNOTS, Knowledge, Technology and Society. Durante este tiempo, el trabajo se ha nutrido de las frecuentes discusiones mantenidas con el profesor Antonio Vázquez Barquero (director de la Tesis Doctoral), cuyo apoyo y aportaciones han sido imprescindibles para la culminación de este proyecto. También hay que destacar las aportaciones y comentarios recibidos por parte de distintos académicos e investigadores: los profesores del curso de doctorado en Economía y Gestión de la Innovación de las Universidades Complutense, Politécnica y Autónoma de Madrid; la doctora Linda Waldman y los investigadores del grupo Knowledge, Technology and Society (KNOTS) del IDS; los profesores de la Universidad de Cantabria Sergio Tezanos Vázquez y Rafael Domínguez; y el Doctor Rogelio Madrueño. Una mención especial merece el Catedrático Rogelio Olavarri por el apoyo generoso que me ha brindado durante los tres años de trabajo en la Universidad de Cantabria, apostando por mí como profesora ayudante del Departamento de Administración de Empresas, así como a otros compañeros de Departamento, Pedro Díaz, María Jesús González y Saúl Torres. La investigación ha recibido también una ayuda constante y facilidades de acceso a la información por parte de la Oficina Estadística del Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD) de la OCDE. Se ha beneficiado



de los comentarios recibidos en distintos congresos académicos, como XIII Reunión de Economía Mundial “La Gobernanza Global: Cooperación y Conflicto en el Sistema Económico Mundial”, el V Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo y el Congreso Internacional de Economía Aplicada – ASEPELT 2011, “Un Nuevo Contexto Económico y Financiero: Retos”.

Quiero dar las gracias también a mi familia por su cariño incondicional y su constante apoyo. Gracias a mis padres, Julián y M<sup>a</sup> Rosa y a mis hermanos, Celia y Alberto porque siempre me han animado a luchar para alcanzar mis sueños y me han apoyado en todas mis decisiones.

Y por último a Sergio, mi apoyo más importante. Gracias por tu ayuda y paciencia, y sobre todo, gracias por estar a mi lado.

# ABREVIATURAS

AOD	Ayuda oficial al desarrollo
AOD-CT	Ayuda oficial al desarrollo científico-tecnológica
CAD	Comité de Ayuda al Desarrollo
CRS	Creditor Reporting System
EEUU	Estados Unidos
G-5	Grupo de los cinco
G-7	Grupo de los siete
IAT	Índice de Adelanto Tecnológico
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IED	Inversión Extranjera Directa
MCG	Mínimos cuadrados generalizados
MCO	Mínimos cuadrados ordinarios
NNUU	Naciones Unidas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio

OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
ONGD	Organización no Gubernamental para el desarrollo
PED	Países en desarrollo
PIB	Producto Interior Bruto
PNB	Producto Nacional Bruto
PNUD	Plan de Naciones Unidas para el Desarrollo
PTF	Productividad Total de los Factores
SNI	Sistema Nacional de Innovación
TIC	Tecnologías de la Información
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación
URSS	Unión de Repúblicas Soviéticas
WEF	World Economic Forum

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 1. INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO: ESTUDIOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS.....</b>	<b>33</b>
1.1. Introducción.....	34
1.2. Innovación en los modelos de crecimiento exógeno.....	36
1.3. Innovación en los modelo de crecimiento endógeno.....	42
1.3.1. Innovación por aumento de la variedad.....	43
1.3.2. Innovación por aumento de la cantidad.....	50
1.4. Estudios empíricos sobre innovación y crecimiento.....	59
1.4.1. Estudio del impacto directo de la innovación sobre el crecimiento.....	60
1.4.2. Estudios del impacto de la innovación sobre el crecimiento a través del incremento de la productividad.....	61
1.4.3. Estudios de convergencia mediante la difusión internacional de Tecnología.....	64
1.5. Conclusiones parciales.....	66
<b>CAPÍTULO 2. COOPERACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL.....</b>	<b>69</b>
2.1. Introducción.....	70

2.2. Panorama de innovación en los PED.....	70
2.3. Cooperación científico-tecnológica para el desarrollo internacional: concepto, objetivos, actores y sectores de destino.....	77
2.4. Ayuda oficial al desarrollo científico-tecnológica: recursos, tendencia y distribución geográfica y sectorial.....	83
2.5. Conclusiones parciales.....	93

### **CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA.....**

**97**

3.1. Introducción.....	98
3.2. El debate sobre el impacto de la ayuda en el crecimiento.....	98
3.3. Modelo analítico de impacto de la ayuda científico-tecnológica sobre el desarrollo.....	106
3.4. Procedimiento de la estimación econométrica.....	108
3.5. Variables.....	112
3.6. Muestra de países y estructura temporal.....	120

### **CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA.....**

**123**

4.1. Introducción.....	124
4.2. Resultados del modelo de impacto de la ayuda científico-tecnológica.....	126
4.3. Análisis de la robustez de la estimación.....	131
4.3.1. Problemas de multicolinealidad.....	132
4.3.2. Problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación.....	136
4.4. Conclusiones parciales.....	137

### **CONCLUSIONES.....**

**141**

### **CONCLUSIONS.....**

**151**

### **6. REFERENCIAS.....**

**159**

6.1. Referencias bibliográficas.....	159
6.2. Bases de datos.....	174
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>175</b>
Anexo 1. Lista del CAD de países receptores de AOD.....	177
Anexo 2. Esquema de teorías de crecimiento con innovación tecnológica.....	181
Anexo 3. Influencia de la innovación en el crecimiento. Principales estudios empíricos.....	185
Anexo 4. Distribución de la AOD-CT por países y sectores (2005-2008).....	193
Anexo 5. Países y periodos incluidos en el análisis de regresión.....	203
<b>IMPACT OF INNOVATION AND AID FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES.....</b>	<b>207</b>



# ÍNDICE DE CUADROS

## **CAPÍTULO 2. COOPERACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**

Cuadro 2.1. Grupos de países según el Índice de Adelanto Tecnológico.....	77
Cuadro 2.2. Características de las políticas internacionales de cooperación CT para el desarrollo.....	79
Cuadro 2.3. Sectores de destino de la cooperación CT.....	80
Cuadro 2.4. Orientaciones principales de las políticas de cooperación en ciencia y tecnología.....	82
Cuadro 2.5. AOD-CT. 2005-2008 (%).....	86
Cuadro 2.6. Coeficientes de correlación Spearman entre AOD-CT e innovación.....	87
Cuadro 2.7. Distribución sectorial de la AOD-CT. 2001-2004 y 2005-2008.....	92

## **CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**

Cuadro 3.1. Estudios de eficacia de la ayuda de la tercera generación.....	104
Cuadro 3.2. Descripción de variables y fuentes de información.....	113
Cuadro 3.3. Estadísticos descriptivos.....	114



## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**

Cuadro 4.1. Estimación del modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica....	127
Cuadro 4.2. Listado de casos atípicos del panel de datos.....	129
Cuadro 4.3. Matriz de correlaciones por pares de las variables incluidas en el análisis.....	134
Cuadro 4.4. Re-estimación del modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica sin incluir las variables explicativas con correlaciones.....	135

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

## **CAPÍTULO 1. INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO: ESTUDIOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS**

Gráfico 1.1. Modelo de Solow-Swan con progreso tecnológico.....	41
Gráfico 1.2. Modelo básico de Escalas de Calidad.....	53

## **CAPÍTULO 2. COOPERACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**

Gráfico 2.1. Nivel de desarrollo económico versus capacidad de innovación.....	74
Gráfico 2.2. Evolución de la participación de la AOD-CT en la AOD global (%)...	84
Gráfico 2.3. Evolución de la AOD-CT en la AOD global (%).....	85
Gráfico 2.4. AOD-CT/PIB versus capacidad de innovación.....	88
Gráfico 2.5. AOD-CT/PIB versus inversión en I+D+i.....	89
Gráfico 2.6. Curva de concentración de la innovación.....	91

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**

Gráfico 4.1. Relación entre capacidad de innovación y crecimiento económico. 1993-2008.....	125
Gráfico 4.2. Relación entre AOD-CT y crecimiento económico. 1993-2008.....	125



# ÍNDICE DE MAPAS Y RECUADROS

## **CAPÍTULO 1. INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO: ESTUDIOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS**

Recuadro 1.1. Productores finales, empresas innovadoras y consumidores en el modelo de Romer.....	45
Recuadro 1.2. Productores, empresas de investigación y consumidores en los modelos de incremento de la calidad de producto.....	53

## **CAPÍTULO 2. COOPERACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**

Mapa 2.1. Capacidades de innovación tecnológica en el mundo.....	75
--	----



# INTRODUCCIÓN

La *innovación* –de acuerdo con el *Manual de Oslo* de la OCDE (2005)– es la implementación de un producto (bien o servicio) o proceso nuevo o con un alto grado de mejora, o un método de comercialización u organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, al lugar de trabajo o a las relaciones externas. Históricamente las sociedades –y las personas– más innovadoras han progresado más rápido en la senda del desarrollo. No es de extrañar entonces que la Ciencia Económica se haya preocupado desde sus orígenes por analizar la contribución de la innovación al crecimiento económico. Así, economistas clásicos como Adam Smith y David Ricardo abordaron ya el análisis del progreso de las naciones sin olvidar el papel fundamental que desempeñan el avance tecnológico y el conocimiento.

El análisis sobre la innovación se enriquece a lo largo del siglo XX con novedosos enfoques de análisis económico. El economista austriaco Joseph Schumpeter afirmó que la innovación impulsa el desarrollo económico mediante un proceso dinámico, en el cual las nuevas tecnologías sustituyen a las viejas, conformándose así un proceso de “destrucción creativa”. Asimismo identificó dos tipos principales de innovaciones (Schumpeter, 1934): las “innovaciones radicales”, que provocan un cambio absoluto; y las “innovaciones incrementales”, que suponen un avance en el conocimiento. La obra seminal de Schumpeter levantó los cimientos teóricos para el posterior surgimiento de la *escuela evolucionista* que centra su análisis en el estudio de la innovación y su papel en el comportamiento de la economía (Nelson y Winter, 1982).

Para definir de manera clara el concepto de innovación es preciso distinguirla del concepto próximo de “imitación”. Imitar –según la Real Academia Española– es “crear algo a

ejemplo o semejanza de otra cosa”. Esta distinción es importante en el ámbito del desarrollo internacional, ya que según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2005) las capacidades de innovación de los *países en desarrollo*<sup>1</sup> (PED) avanzan cuando se introducen por primera vez productos y procesos que son nuevos para estos países, aunque no lo sean para el resto del mundo. Es decir, la “imitación tecnológica” se considera parte del proceso de innovación, hasta el punto que para algunos autores el ritmo de crecimiento económico de un país está afectada por su capacidad para afrontar el salto tecnológico a través de la innovación y/o la imitación (Fagerberg y Verspagen, 2002).

La innovación no consiste meramente en medios tecnológicos (como la maquinaria) e información tecnológica (como las instrucciones para operar dicha maquinaria), sino también en la comprensión de la tecnología, el “saber hacer”. Este saber es tácito y se basa en el aprendizaje que se obtiene mediante la capacitación, la experiencia y la observación<sup>2</sup>. De ahí la importancia de la asimilación y la absorción de tecnología extranjera; tecnología que, por lo tanto, no solamente consiste en medios físicos, sino también en recursos intangibles como la información, la comprensión y el aprendizaje, que dependen de las capacidades tecnológicas de cada país. Además, las capacidades de innovación de los países dependen crucialmente de factores como la calidad de la infraestructura para la innovación, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) tanto del sector público como del privado, el capital humano, la definición de un marco legal que permita la protección de la propiedad intelectual, la apertura al comercio internacional y la calidad de las conexiones entre infraestructura y grupos industriales (Furman, Porter y Stern, 2002).

Dada la importancia de la innovación para las oportunidades de desarrollo de las naciones, ¿por qué razón no todos los países apuestan decididamente por la innovación? Y, si la innovación es una apuesta segura por el desarrollo, ¿por qué los países más ricos no realizan mayores esfuerzos de cooperación internacional para potenciar las capacidades de innovación de las naciones más atrasadas?

---

<sup>1</sup> Véase en el Anexo 1 la lista de países en desarrollo de acuerdo con la clasificación del CAD.

<sup>2</sup> Según la UNCTAD (2007) el conocimiento se forma gradualmente en el tiempo (mediante la repetición y la interacción recurrente), está presente en sistemas de prácticas y rutinas continuas y es producto de las condiciones sociales y culturales, económicas y políticas.

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2007), la generación de avance tecnológico no debe considerarse como algo distinto a la reducción de la pobreza. El logro del crecimiento a favor de las personas pobres depende de las opciones tecnológicas y las trayectorias de desarrollo tecnológico que sigue cada país. Asimismo, la desigualdad internacional existente en términos de capacidades de innovación constituye un problema de tipo institucional, que se manifiesta en la insuficiente inversión pública (tanto nacional como internacional) en I+D, lo que genera fallos en los sistemas de aprendizaje que requieren nuevos mecanismos de intervención pública para resolverlos (Cantwell, 1999).

Así, la relevancia de la ciencia y la tecnología para el proceso de desarrollo humano y para las políticas de cooperación internacional para el desarrollo fue enfatizada en 2005, en la *Cumbre del Milenio+5* de Naciones Unidas (NNUU), donde se resaltó su importancia para la consecución de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* (ODM). Dicha importancia no reside sólo en el hecho de que la ciencia y la tecnología son “objetivos transversales” de la estrategia ODM (puesto que es preciso atraer, utilizar y aplicar tecnologías ya existentes al servicio del desarrollo humano), sino también porque es preciso generar nuevos conocimientos para solucionar los problemas específicos que afligen al mundo en desarrollo (Sachs, 2005). Para lograr estos objetivos se requiere tanto ampliar la financiación (nacional e internacional) en ciencia y tecnología, como mejorar las políticas y las instituciones responsables del desarrollo científico-tecnológico.

En este contexto de notables disparidades en las capacidades de desarrollo de las economías, se justifica la existencia de políticas de cooperación internacional para el desarrollo que traten de cerrar las brechas de innovación y conocimiento existentes en la sociedad mundial. Así, los países de la OCDE crearon en 1960 el Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD), para poder articular políticas públicas de solidaridad internacional, que constituyen el denominado sistema de Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD). Entre estos recursos se encuentran las ayudas de carácter científico-tecnológico, que tratan de potenciar el desarrollo de las capacidades de innovación de los PED, bajo la creencia de que una mejorada capacidad innovadora redundará en estimular sus ritmos de progreso. Si bien existe un nutrido cuerpo de estudios empíricos que han analizado la eficacia macroeconómica de la AOD agregada en promover el crecimiento económico de los PED



(Burnside y Dollar, 2000 y 2004; Hansen y Tarp, 2001; Dalgaard *et al.* 2004 y Tezanos *et al.*, 2009), no se ha analizado todavía el papel que desempeña la modalidad concreta de la ayuda científico-tecnológica –precisamente, la modalidad de ayuda que contribuye a expandir la principal fuente del progreso económico: la innovación.

### ***Objetivos de la investigación***

La presente Tesis Doctoral pretende analizar el impacto macroeconómico que la innovación y la Ayuda Oficial al Desarrollo científico-tecnológica (AOD-CT) ejercen sobre el ritmo de crecimiento económico de los PED. Para ello, se analiza un amplio panel de datos, para el periodo 1993-2008, que incluye a los 162 países de ingreso bajo y medio (los denominados PED) que han recibido AOD en alguno de los años del periodo considerado. Para el análisis de regresión se ha utilizado el *sistema de estimación GMM* sugerido por Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998). Se han realizado los contrastes de hipótesis de Sargan y Hansen de restricciones sobre-identificadas, y el test de Arellano-Bond de autocorrelación del término de error ideosincrático para comprobar que este tipo de análisis es el apropiado.

En concreto, la presente Tesis Doctoral trata de contrastar dos *hipótesis centrales*:

- *H1: la innovación constituye un determinante fundamental del crecimiento económico de los PED.*
- *H2: la AOD-CT contribuye eficazmente a estimular el ritmo de crecimiento económico de los PED.*

### ***Estructura de la investigación***

La Tesis Doctoral se estructura de la siguiente manera:

El *capítulo 1* hace una revisión de las principales teorías económicas que contemplan la innovación como determinante fundamental del crecimiento de los países. Para tal fin se dividen los modelos en dos grupo: los modelos de crecimiento exógeno y los modelos de crecimiento endógeno. Del primer grupo, se destacan principalmente, los modelos pioneros

de Solow (1956 y 1957) y Swan (1956). Del segundo, se abordan los modelos de crecimiento endógeno, distinguiéndose dos categorías principales: los “modelos horizontales” que consideran que el progreso técnico se materializa en un aumento de la variedad de los *inputs* utilizados (Romer, 1986; Grossman, y Helpman, 1991; Barro y Sala-i-Martin, 2003); y los “modelos de escaleras de calidad” o “verticales” que consideran que el progreso tecnológico se presenta en forma de una mejora paulatina en la calidad de los bienes existentes dentro de una industria ya establecida y donde las empresas compiten entre sí involucradas en un proceso de creación destructiva, donde los nuevos descubrimientos dejan obsoletos y desplazan a los antiguos (Aghion y Howitt, 1998; Grossman y Helpman, 1991 y Barro y Sala-i-Martin, 2003). En este capítulo se revisan también los principales ejercicios empíricos que han estimado la aportación de la innovación al crecimiento económico.

En el *capítulo 2* se caracterizan y analizan las políticas internacionales de *cooperación científico-tecnológica* (cooperación CT) para el desarrollo. Para ello se describe el panorama de la innovación en los PED, atendiendo a los disímiles grados de desarrollo de sus Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y de sus capacidades tecnológicas. También se caracterizan las políticas de cooperación CT para el desarrollo internacional, identificándose sus principales objetivos, actores y sectores de destino. Y, finalmente, se analizan estadísticamente los recursos de AOD-CT que financian los países donantes del CAD y los organismos multilaterales de desarrollo.

En el *capítulo 3* se revisa brevemente el debate académico sobre la eficacia macroeconómica de la ayuda internacional y se especifica un modelo que permite analizar los mecanismos potenciales de impacto de la innovación y la ayuda sobre el crecimiento, distinguiendo dos modalidades de ayuda: los recursos destinados al desarrollo de las capacidades de innovación (*ayuda científico-tecnológica*) y el resto de la ayuda. En concreto, el objetivo es evaluar el impacto macroeconómico de la ayuda científico-tecnológica, y no tanto estimar un modelo de crecimiento económico o un modelo del impacto de la ayuda agregada (sin distinción de modalidades). Para captar cabalmente la relación ayuda-crecimiento es preciso integrarla en el marco más amplio de la dinámica de crecimiento e incorporar las principales fuerzas (y limitantes) de la dinámica de progreso (especialmente la innovación que es, en última instancia, la capacidad a cuya expansión

pretende contribuir la ayuda científico-tecnológica). De modo contrario, las estimaciones se verían sesgadas por la omisión de variables relevantes y por la insuficiente capacidad explicativa del modelo. Para tal fin, se propone primero un modelo analítico del impacto de la AOD-CT sobre el crecimiento económico, adaptado a las particularidades de este tipo de ayudas y basado en la nueva teoría de crecimiento. El modelo compara los impactos potencialmente distintos de dos modalidades de ayuda: la AOD-CT y el resto de las ayudas no destinadas a ciencia y tecnología. Asimismo en este capítulo se explica el procedimiento de estimación mediante un modelo de regresión dinámico con datos en panel, se detallan las variables utilizadas para estimar el modelo, la población objeto de estudio y la estructura temporal del panel datos.

El *capítulo 4* presenta los principales resultados obtenidos de la estimación del modelo de impacto de la AOD-CT sobre el ritmo de crecimiento de los PED, y verifica la robustez de las estimaciones.

Finalmente, en el *capítulo 5* se realiza un balance de las principales conclusiones obtenidas en los distintos capítulos de esta Tesis Doctoral.

# INTRODUCTION

Innovation – according to the Oslo Manual OECD (2005) – is the implementation of a product (or service) or a new process which demands a high degree of improvement, or an organizational or marketing method applied to new business practices in the workplace or external relations. Historically, the most innovative societies and individuals have progressed faster in the path of development. It is no wonder then that economic science has been concerned from the beginning with analysing the contribution of innovation to economic growth. Thus, classical economists like Adam Smith and David Ricardo have addressed and reviewed the progress of nations, while bearing in mind the fundamental role played by technological progress and knowledge.

The analysis of innovation has been enriched throughout the twentieth century by the development of new approaches to economic analysis. The Austrian economist Joseph Schumpeter argues that innovation drives economic development through a dynamic process by which new technologies replace old ones, thus forming a process of ‘creative destruction’. Schumpeter (1934) also identifies two main types of innovation: ‘radical innovations’, causing a complete change; and ‘incremental innovations’, which represent an advance. Schumpeter's seminal work erected the theoretical foundations for the later emergence of the evolutionary school that focuses its analysis on the study of innovation and its role in the behaviour of the economy (Nelson and Winter, 1982).

It is necessary to clearly define the concept of innovation in order to distinguish it from the related concept of ‘imitation’. Imitation, –according to the Spanish Royal Academy–, is “creating something like an example or something else”. This distinction is particularly

important in international development. According to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2005) the innovation capacity of *developing countries*<sup>1</sup> (DCs) is at its height when are first introduced the products and processes that are new to these countries, although this may not be for the rest of the world. Thus, ‘technological imitations’ are considered part of the innovation process, so that for some authors the rate of economic growth of a country is affected by its ability to cope with technological leaps created through innovation and/or imitation (Fagerberg and Verspagen, 2002).

Innovation consists not only of technological means (such as machinery) and information technology (such as instructions for operating the machinery), but also of ‘know how’ in understanding the technology. This knowledge is tacit and is based on the learning that is obtained through training, experience and observation<sup>2</sup>. Thus, the assimilation and absorption of foreign technology is particularly important. Technology, therefore, consists not only of physical resources, but also of intangible resources such as information, comprehension and learning, which depend on the technological capabilities of each country. Moreover, the capabilities for innovation of countries crucially depend on factors such as the quality of infrastructure for innovation, investment in research and development (R&D) of both public and private human capital, the definition of a legal framework that allows for intellectual property protection, openness to international trade and the quality of the connection between infrastructure and industrial groups (Furman, Porter and Stern, 2002).

Given the importance of innovation for the development opportunities of nations, why are all countries not firmly committed to innovation? Also, if innovation is a safe bet for development, why can the richest countries not make greater efforts at international cooperation to enhance the capabilities of innovation in backward nations?

---

<sup>1</sup> See Annex 1 for list of countries according to the classification of DAC.

<sup>2</sup> According to UNCTAD (2007) knowledge that is gradually accumulated over time (through repetition and recurring interaction), is present in systems of practices and continuous routines and is the product of social cultural, economic and political conditions.

According to the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD, 2007), the generation of technological advancement should not be considered unless it involves the reduction of poverty. The pursuit of growth for the poor depends on the technological options and trajectories of technological development that affect each country. Furthermore, existing international inequality is an institutional problem in terms of capabilities for innovation, manifested in the inadequacy of public investment (both domestic and international) and R&D, generating system failures that will require new learning mechanisms if public intervention is to solve them (Cantwell, 1999).

The relevance of science and technology to the processes of human development and policies of international cooperation in development was emphasized in 2005 at the United Nations (UN), *Millennium Summit* +5, where the importance of achieving the *Millennium Development Goals* (MDGs) was particularly stressed. Thus, science and technology can be seen as the ‘horizontal objectives’ of the MDG strategy, since it is necessary to attract, use and apply existing technologies in the service of human development and because of the importance of generating new knowledge to solve the specific problems that afflict the developing world (Sachs, 2005). To achieve these goals requires both the expansion of national and international funding for science and technology, and improvements in the policies and institutions responsible for scientific and technological development.

In this context, the existence of significant disparities in the capacities of developing economies can be seen to justify policies for international development and cooperation. The purpose of these policies is to try to bridge gaps in existing knowledge innovation across the world. Thus, in 1960, the OECD countries created the Development Assistance Committee (DAC) to articulate public policy for international solidarity, through the use of a system called Official Development Assistance (ODA). These resources include aid for scientific-technological research, which is necessary in order to foster the development of capabilities for innovation in developing countries, in the belief that an improved ability to innovate will stimulate the pace of their progress. While many empirical studies have analyzed the macroeconomic effectiveness of ODA in promoting aggregate economic growth in developing countries (Burnside and Dollar, 2000 and 2004, Hansen and Tarp, 2001, Dalgaard *et al.* 2004

and Tezanos *et al*, 2009), much work still needs to be done in analysing the role of a particular form of scientific and technological support, precisely the type of aid that helps expand the main source of economic progress: innovation.

### ***Research Objectives***

This thesis analyzes the macroeconomic impact that innovation and Official Development Assistance (ODA-CT) can have on the economic growth of developing countries. We have analysed data from the period 1993-2008, gathered from 162 countries with low and middle incomes (so-called developing countries) which have received ODA in any one year during this period. We have used the system of GMM estimation suggested by Arellano and Bover (1995) and Blundell and Bond (1998).

More specifically, the purpose of this doctoral thesis is to contrast two central hypotheses:

*H1: Innovation is a key determinant of economic growth in developing countries.*

*H2: ODA-CT contributes effectively to stimulating economic growth in developing countries.*

### ***Structure of the research***

The Doctoral Thesis is structured as follows:

*Chapter 1* consists of a review of the major economic theories that include innovation as a determinant of the growth of countries. To this end, models are divided into two groups: exogenous growth models and endogenous growth models. The first group includes the pioneering models of Solow (1956 and 1957) and Sawn (1956). The second is made up of the ‘horizontal’ models which focus on the idea of technological progress as embodied in an increased variety of inputs (Romer, 1986, Grossman and Helpman, 1991, Barro and Sala-i-Martin, 2003) and ‘quality ladder’ or ‘vertical’ models, which are constructed on the assumption of the existence of established technological progress, in the form of a gradual improvement in the quality of existing assets within an industry. These models also investigate

situations in which competing companies are involved in a process of creative destruction, whereby new methods are being adopted to replace obsolete ones (Aghion and Howitt, 1998, Grossman and Helpman, 1991 and Barro and Sala-i-Martin, 2003). This chapter also reviews the main empirical exercises which are necessary to estimate the contribution of innovation to economic growth.

In *Chapter 2* various forms of international political scientific and technological cooperation (cooperation CT) for development are characterized and analyzed. We describe the innovation landscape in developing countries, taking into account the dissimilar levels of development of National Innovation Systems (NIS) with regard to the technological capabilities of different countries. Some focus has also been placed on how CT cooperation policies for international development operate, and their main objectives, target groups and sectors are identified. Finally, we analyse statistically the resources that finance ODA-CT DAC donor countries and multilateral development agencies.

*Chapter 3* briefly reviews the academic debate on the macroeconomic effectiveness of international aid and proposes a model to analyse the potential mechanisms of impact of innovation and aid on growth, distinguishing between resources for the development of innovation capabilities (*scientific and technological assistance*) and other forms of aid. The objective is to evaluate the macroeconomic impact of scientific and technological assistance, rather than estimating a growth model or a model of the impact of aggregate aid (regardless of modalities). To fully grasp the potential of such a process, the effect of the aid-growth needs to be integrated into the broader context of growth dynamics. This involves a thorough consideration of the effects of the dynamics and limitations of progress, especially innovation, with regard to the extent to which expansion aims to contribute scientific and technological support. Given that estimations of the effects of this may be biased by the omission of relevant variables and the insufficient explanatory power of the models, we propose the creation of an analytical model of the impact of ODA-CT on economic growth, adapted to the particularities of this type of aid and based on the new growth theory. The model will compare the potentially different impacts of two types of aid: ODA-CT and other aid not intended for the development of science and technology. This chapter also includes an explanation of the



estimation procedure through the use of a dynamic regression model based on panel data, detailing the variables used to estimate the model, the population studied and the temporal structure of the panel data itself.

*Chapter 4* presents the main findings of the model, estimating of the impact of ODA-CT on the pace of growth in developing countries, and verifies the robustness of the estimates.

Finally, in *Chapter 5*, stock is taken of the main findings of various chapters of this thesis.

# CAPÍTULO 1

## INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO: ESTUDIOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS

- 1.1. Introducción
- 1.2. Innovación en los modelos de crecimiento exógeno
- 1.3. Innovación en los modelo de crecimiento endógeno
  - 1.3.1. Innovación por aumento de la variedad
  - 1.3.2. Innovación por aumento de la cantidad
- 1.4. Estudios empíricos sobre innovación y crecimiento
  - 1.4.1. Estudio del impacto directo de la innovación sobre el crecimiento
  - 1.4.2. Estudios del impacto de la innovación sobre el crecimiento a través del incremento de la productividad
  - 1.4.3. Estudios de convergencia mediante la difusión internacional de tecnología
- 1.5. Conclusiones parciales

## **1.1. Introducción**

Históricamente, las sociedades -y las personas- más innovadoras han progresado más rápido en la senda del desarrollo. No es de extrañar entonces que la Ciencia Económica se haya preocupado desde sus orígenes por analizar la contribución de la innovación al crecimiento económico. Así, economistas clásicos como Adam Smith y David Ricardo abordaron ya el análisis del progreso de las naciones sin olvidar el papel fundamental que desempeñan el avance tecnológico y el conocimiento. Asimismo, los economistas de principios del siglo XX como Frank Ramsey y Joseph Schumpeter centraron su atención en dilucidar cuáles son los determinantes del crecimiento económico y del progreso tecnológico.

En el marco de la literatura económica sobre el crecimiento, la innovación ha recibido una atención destacada, habiendo evolucionado notablemente su concepción en las cinco últimas décadas, pasando de considerarse exógena a considerarse endógena; los rendimientos de escala del capital han pasado de asumirse decrecientes a considerarse constantes o crecientes; del papel protagónico del capital físico para el crecimiento se ha pasado al protagonismo del capital humano; y de creerse secundario el papel de las políticas económicas para el crecimiento se ha pasado a defender la relevancia de estas políticas para incentivar el conocimiento, la investigación, el desarrollo y la innovación, y alcanzar así una senda sostenida de crecimiento.

El estudio de la relación entre innovación y crecimiento recibe un impulso fundamental con los estudios de Robert Solow (1956 y 1957), en los que aseguró que el crecimiento económico a largo plazo motivado por la acumulación de capital era insostenible debido a la existencia de rendimientos decrecientes en este factor. Es por ello que identifica la existencia de un “factor tecnológico exógeno” como motor último del crecimiento a largo plazo. No obstante, la teoría neoclásica con progreso técnico exógeno fue retada, a finales de los años 80, por los nuevos modelos de “crecimiento endógeno”. Estos defienden la posibilidad de implementar políticas de intervención en el corto y medio plazo para impulsar la productividad de la economía y el progreso tecnológico, al tiempo que resaltan la importancia de otros factores estructurales (como el marco institucional, las desigualdades, la estructura del mercado, las interdependencias, la educación, los efectos a

escala y las preferencias temporales, entre otros). En este contexto, los modelos de Romer (1986 y 1990), Lucas (1988) y Aghion y Howitt (1998) relajan el supuesto de rendimientos decrecientes del capital y consideran que el progreso técnico es endógeno y que la acumulación de capital físico y, especialmente, del capital humano generan rendimientos constantes, o incluso crecientes, a escala. Como consecuencia, estos autores defendieron que el crecimiento a largo plazo está explicado por factores endógenos y que las políticas económicas son cruciales para el crecimiento.

En palabras de Paul Romer (1990, pág. 72):

[...] El cambio tecnológico –una mejora de las instrucciones para la combinación de las materias primas– se encuentra en la base del crecimiento económico. El cambio tecnológico aporta el incentivo necesario para la acumulación continua del capital, y la acumulación del capital y el cambio tecnológico en su conjunto son responsables de gran parte del incremento del producto por hora trabajada.

En suma, tanto los modelos de crecimiento endógeno como los de crecimiento exógeno defienden la importancia del progreso tecnológico en la mejora de la productividad y el crecimiento, si bien asumen enfoques teóricos muy distintos para explicar la dinámica del crecimiento.

El presente capítulo no pretende ofrecer una revisión exhaustiva de la prolífica literatura sobre los modelos de crecimiento exógeno y endógeno<sup>1</sup>, sino revisar la concepción económica de la innovación como determinante del crecimiento. Para ello se explican, en el segundo epígrafe, los modelos de crecimiento exógeno y, particularmente, el modelo pionero de Solow (1956 y 1957) y Swan (1956). En el tercer epígrafe se abordan los modelos de crecimiento endógeno, distinguiéndose dos grupos principales: los modelos que consideran que el progreso técnico se materializa en un aumento de la variedad de *inputs* utilizados (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Barro y Sala-i-Martin, 2003) y los “modelos de escaleras de calidad” que consideran que el progreso tecnológico se presenta en forma de una mejora paulatina en la calidad de los bienes existentes dentro de

---

<sup>1</sup> Véanse los manuales Barro y Sala-i-Martin (2003) y Acemoglu (2008) para una revisión extensa de la literatura sobre el crecimiento económico.

una industria ya establecida y las empresas compiten entre sí involucradas en un proceso de creación destructiva, donde los nuevos descubrimientos dejan obsoletos y desplazan a los antiguos (Aghion y Howitt, 1998; Grossman y Helpman, 1991 y Barro y Sala-i-Martin, 2003). En el cuarto epígrafe se revisan los principales ejercicios empíricos que han estimado la aportación de la innovación al crecimiento económico. Finalmente, el capítulo concluye con un balance de los principales resultados. El **Anexo 2** resume las principales contribuciones teóricas a esta literatura y el **Anexo 3** resume los principales resultados de algunos de las estimaciones más destacadas.

## **1.2. Innovación en los modelos de crecimiento exógeno**

Los estudios desarrollados por los economistas neoclásicos en los años 50 y 60 del siglo XX (Solow, 1956 y 1957; Swan, 1956; Cass, 1965 y Koopmans, 1965) reconocían la importancia del progreso tecnológico como fuente de crecimiento<sup>2</sup>. Los modelos asumen la existencia de rendimientos marginales decrecientes en los factores productivos –recursos humanos y bienes de equipo–, lo que implica que participaciones crecientes de inversión en el producto no influyen en el incremento sostenido de la productividad y la renta, que son finalmente influidos “exógenamente” por el cambio tecnológico (el denominado “residuo de Solow”). De esta forma, el *stock* de capital crece linealmente con el PIB y la relación capital/producto tiende a ser constante a lo largo plazo (Kaldor, 1961)<sup>3</sup>. El supuesto de existencia de rendimientos decrecientes o constante a escala permite a estos modelos concluir que las economías, a pesar de sus distintos niveles de capital físico, convergen hacia niveles equivalentes de renta *per capita* en el estado estacionario.

---

<sup>2</sup> Véase Anexo 2 para un esquema resumen de las principales aportaciones teóricas al estudio del crecimiento económico con innovación tecnológica.

<sup>3</sup> Kaldor (1961) enunció seis hechos estilizados básicos que toda teoría del crecimiento debería tratar de explicar:

1. El PIB en términos reales y la productividad del trabajo han crecido a una tasa aproximadamente constante en las economías occidentales.
2. La relación capital por trabajador ha crecido igualmente a una tasa aproximadamente constante.
3. La tasa de beneficio del capital ha permanecido sin tendencia definida a largo plazo.
4. La relación capital-producto ha permanecido estable en largos periodos de tiempo.
5. La participación de las rentas del trabajo (salarios) y del capital (beneficios) en la producción total también han permanecido sin una tendencia definida 3
6. Existen importantes diferencias en la tasa de crecimiento del producto y la productividad entre los diferentes países.

En concreto, el denominado modelo de crecimiento Solow-Swan (Solow, 1956 y Swan, 1956) parte de la siguiente definición de la identidad nacional:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + XN_t \quad [1]$$

donde  $Y_t$  es el PIB de un país en el año  $t$ , que se destina a financiar cuatro actividades distintas: consumo privado ( $C_t$ ), inversión ( $I_t$ ), gasto público ( $G_t$ ) y exportaciones netas ( $XN_t$ ).

Según el modelo Solow-Swan, la inversión es el motor fundamental del crecimiento económico a largo plazo. Para poder observar el papel que desempeña, conviene aislarla de los demás aspectos de la economía. De esta manera el modelo supone una economía cerrada ( $XN_t = 0$ ) y la no existencia de gasto público ( $G_t = 0$ ). Consiguientemente la ecuación [1] se reduce a:

$$Y_t = C_t + I_t \quad [2]$$

donde el producto nacional en una economía cerrada se distribuye entre consumidores e inversores. Así, el ahorro ( $S_t$ ) (la producción o renta que no se consume) es igual a la inversión:  $Y_t - C_t = S_t = I_t$ . Por lo tanto, en una economía cerrada sin gasto público, el ahorro de las familias es igual a la inversión, que a su vez es igual a la demanda de las empresas.

La producción de una economía ( $Y_t$ ) se obtiene con la combinación de tres *inputs* o factores productivos fundamentales: trabajo (asumiéndose que todos los trabajadores son idénticos, por lo que la suma de todos ellos se denota como  $L_t$ ), capital ( $K_t$ ) y tecnología o eficacia del trabajo ( $A_t$ ). La expresión general de la función de producción combina estos tres factores productivos:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t) \quad [3]$$

A dicha función de producción se añaden los tres siguientes supuestos básicos:

1. Existencia de rendimientos constantes a escala en  $K$  y  $L$ .
2. Existencia de rendimientos marginales decrecientes en  $K$  y  $L$ .
3. La productividad marginal del capital (o del trabajo) tiende a infinito cuando la cantidad de capital (o el trabajo) tiende a 0, y el producto marginal del capital tiende a 0 cuando la cantidad de capital (o el trabajo) tiende a infinito (las denominadas “condiciones de Inada”).

Concretamente, la función Cobb-Douglas satisface las condiciones de la función neoclásica de producción:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}; \quad (0 < \alpha < 1) \quad [4]$$

donde  $\alpha$  es la participación del capital en la producción,  $(1 - \alpha)$  es la participación del trabajo, y  $A$  es el nivel de la tecnología, que recoge tanto el avance tecnológico como las características del entorno económico que favorecen su generación (instituciones, estructura del mercado, nivel educativo, etc.). La existencia de rendimientos marginales decrecientes en  $K$  y  $L$  determina que participaciones crecientes de inversión no influyan en un incremento sostenido de la productividad y el crecimiento del producto, que son finalmente influidos por el cambio tecnológico (el denominado “residuo de Solow”). De esta forma, el mecanismo de transmisión del crecimiento es necesariamente exógeno y, por lo tanto, depende de las características estructurales de la economía, que son los determinantes finales de nivel del ingreso *per capita* en el estado estacionario.

El modelo Solow-Swan permite analizar cómo varían las cantidades de trabajo, capital y tecnología a lo largo del tiempo<sup>4</sup>. Para simplificar el modelo se supone que las dotaciones iniciales de los tres *inputs* están dadas, y que el trabajo y la tecnología crecen a tasas constantes,  $n$  y  $g$ , respectivamente:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial t} &= \dot{L}(t) = nL(t) \\ \frac{\partial A}{\partial t} &= \dot{A}(t) = gA(t) \end{aligned} \quad [5]$$

---

<sup>4</sup> Los puntos sobre las variables indican la derivada de dicha variable con respecto del tiempo.

La función de producción neoclásica [2] se puede reescribir entonces como:

$$F(K_t, L_t A_t) = C_t + I_t \quad [6]$$

Es decir, el producto final de la economía se distribuye entre consumo e inversión. La proporción de producto destinado a esta última es una tasa  $s$ , que es exógena y constante. El consumo es el resto  $(1-s)$ . Por tanto el consumo es igual a:

$$C_t = (1-s)Y_t \quad ; \text{ siendo } s \in [0,1] \quad [7]$$

Sustituyendo [7] en [6], obtenemos:

$$sY_t = I_t \quad [8]$$

A las empresas invierten, bien para aumentar el *stock* de maquinaria disponible para la producción futura (inversión neta), o bien para reemplazar las máquinas que se deterioran en el proceso productivo (depreciación). Si se denota el aumento neto de capital como

$$\dot{K} \equiv \frac{dK}{dt}, \text{ se obtiene:}$$

$$I_t = \dot{K}_t + D_t \quad [9]$$

Donde  $D_t$  es la depreciación. Suponiendo que en cada periodo una fracción constante de las máquinas se deteriora a una tasa  $\delta$ , entonces:

$$\dot{K}_t = sF(K_t, L_t A_t) - \delta K_t \quad [10]$$

Si se conocieran los valores de  $K$ ,  $L$  y  $A$  en el momento  $t$ , dado que  $s$  y  $\delta$  son constantes conocidas, la ecuación [10] indica cuál es el aumento del *stock* de capital durante el siguiente periodo. El aumento en la cantidad de capital, a su vez, genera el crecimiento de la producción.



Como se dijo anteriormente,  $\dot{L}/L$  y  $\dot{A}/A$  se denotan, respectivamente, como  $n$  y  $g$  (tasas de crecimiento del trabajo y la tecnología, respectivamente). A su vez, dividiendo  $\dot{K}$  entre  $AL$  se obtiene la tasa de crecimiento del capital por unidad de trabajo efectivo:

$$\frac{\dot{K}}{AL} = sf(k) - \delta k \quad [11]$$

La variación de  $k$  en el tiempo se obtiene derivando en la ecuación  $k = \frac{K}{AL}$ :

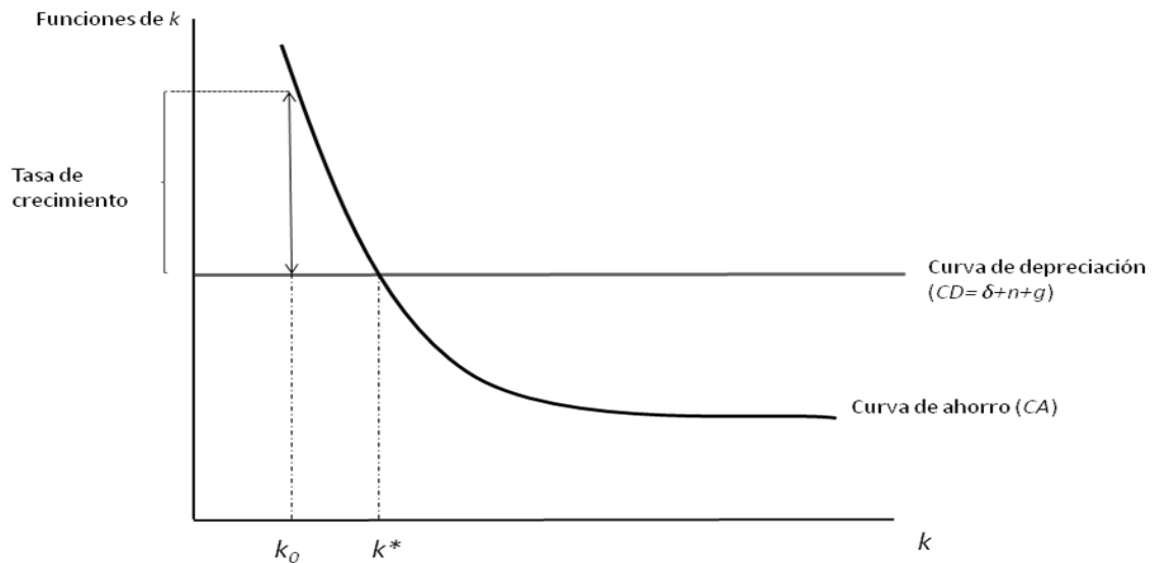
$$\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{\partial \left( \frac{K}{AL} \right)}{\partial t} = \frac{\dot{K}LA - K\dot{L}A - KL\dot{A}}{(AL)^2} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{\dot{L}}{L} \frac{K}{AL} - \frac{\dot{A}}{A} \frac{K}{AL} = \frac{\dot{K}}{AL} - (n + g)k \quad [12]$$

Sustituyendo la ecuación [11] en la ecuación [12] se obtiene:

$$\dot{k} = sf(k) - (\delta + n + g)k \quad [13]$$

Esta ecuación fundamental del modelo de Solow-Swan establece que la tasa de variación del *stock* de capital por unidad de trabajo efectivo es la diferencia entre dos términos: la inversión realizada por unidad de trabajo efectivo,  $sf(k)$ , y la inversión de reposición,  $(\delta + n + g)k$  (es decir, la inversión necesaria para mantener  $k$  constante) (**Gráfico 1.1**).

**Gráfico 1.1.** Modelo de Solow-Swan con progreso tecnológico



Fuente: Solow (1956)

En el largo plazo,  $k_0$  converge a  $k^*$ . La tasa de crecimiento de  $k$  se asume igual a  $n+g$ . Como el capital y el trabajo crecen a una tasa  $n+g$ , la hipótesis de rendimientos constantes implica que la producción,  $Y$ , aumenta a esa misma tasa. Consiguientemente, el capital por trabajador,  $K/L$ , y la producción por trabajador,  $Y/L$ , crecen a la tasa  $g$ .

Por lo tanto, el modelo asume que el progreso tecnológico es la fuente del crecimiento de la renta *per capita*. De hecho, si se mantiene constante el incremento demográfico, el progreso tecnológico es la única fuente de crecimiento económico. Esto se debe a que, por un lado, el progreso tecnológico aumenta la productividad (tasa de crecimiento de la eficiencia técnica) y, por otro, los rendimientos del capital estimulan el flujo de producción.

En suma, el modelo neoclásico de Solow-Swan ubica a la innovación en el centro de su explicación del crecimiento económico. Sin embargo, según Vázquez Barquero (2005) ese modelo presenta dos debilidades fundamentales: la primera es de carácter técnico, ya que el modelo no explica cómo se producen las innovaciones, cuál es su origen, y cómo se introducen en el sistema productivo, sino que acepta que el progreso tecnológico es exógeno y está a la disposición de todas las empresas. Esta limitación es importante, ya

que las innovaciones son el elemento explicativo principal de la argumentación. La segunda limitación del modelo es de carácter empírico, y afecta a la interpretación neoclásica, ya que la predicción de que los países pobres crecerán a tasas superiores a la de los países ricos —motivando, por tanto, un proceso de convergencia absoluta en los niveles de renta *per capita* de los países— no ha superado la contrastación empírica. Más bien al contrario, los estudios empíricos —como se explicará más adelante— han revelado que la existencia de rendimientos crecientes del capital neutraliza dicha tendencia.

### **1.3. Innovación en los modelos de crecimiento endógeno**

La literatura de crecimiento económico recibió un impulso formidable en las décadas de 1980 y 1990 con el desarrollo de nuevos modelos en los que el progreso técnico no se concibe como una variable exógena, sino que depende de la tasa de inversión de los empresarios en actividades de “investigación y desarrollo” (I+D). Estos modelos de crecimiento “endógeno” defienden la posibilidad de implementar políticas de intervención en el corto y medio plazo para impulsar la productividad de la economía y el progreso tecnológico, aunque también resaltan la importancia de otros factores estructurales (como el marco institucional, las desigualdades, la estructura del mercado, las interdependencias, el nivel educativo, los efectos a escala y las preferencias temporales de los agentes económicos).

Es posible identificar dos grupos dentro de los modelos de crecimiento endógenos: i) los modelos que consideran que el progreso tecnológico se materializa en forma de un incremento de la variedad de los *inputs*, lo que aumenta la especialización productiva y, por lo tanto, la productividad y la renta *per capita* (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Barro y Sala-i-Martin, 2003); y ii) los modelos que conciben la innovación como un proceso que sirve para mejorar la productividad de los bienes intermedios existentes mediante el aumento de la calidad, lo que permite aumentar la productividad general de la economía y, por tanto, la renta *per capita* (Grossman y Helpman, 1991 ; Aghion y Howitt, 1998).

### 1.3.1. Innovación por aumento de la variedad

La denominada “innovación horizontal” es aquella en la que se descubren nuevas variedades de *inputs*. Esto hace que se produzcan más bienes finales y más especializados, lo que hace que aumente la productividad. Por lo tanto el factor más importante de este modelo es la inversión en I+D.

El modelo “canónico” de Romer (1990) ofrece una aplicación general de este tipo de trabajos. En él, se asume que las empresas de bienes intermedios invierten en I+D para obtener una mayor variedad de productos. Para simplificar, el modelo considera que existen tres tipos de agentes: el sector productor de los bienes finales, el sector de las empresas innovadoras que producen *inputs*, y los consumidores (véase **Recuadro 1.1**).

De acuerdo con este enfoque, el progreso tecnológico surge de la aparición de nuevos tipos de bienes intermedios que requieren de inversión en I+D y que se intercambian en el mercado. La inversión en I+D dependerá de la productividad de los científicos y de la elasticidad de la demanda de los *inputs*. Un aspecto relevante de este modelo es el uso de patentes como incentivo para la generación de innovación.

A diferencia de su anterior trabajo (Romer, 1986), el modelo de Romer (1990) predice que el aumento del número de *inputs* es el resultado de una actividad específica y remunerada: la I+D. La innovación tecnológica como factor de crecimiento resulta de la elección de los agentes, ya que les proporciona un poder de monopolio que actúa como incentivo para generar nuevos procedimientos. En palabras del propio Romer (1990, pag. 72):

[...]Estos modelos [de crecimiento endógeno] parten de tres premisas básicas: el cambio tecnológico es el motor del crecimiento económico; el cambio tecnológico responde a las acciones de las empresas motivadas por los incentivos del mercado, y por último, el cambio tecnológico se materializa en la aparición de nuevos diseños cuya tecnología implícita podrá ser utilizada nuevamente sin coste adicional.

El modelo explicado tiene “efectos de escala”, ya que el nuevo producto (cuyo coste de invención es igual a  $\eta$ ) puede ser utilizado de forma no rival por el conjunto de la

economía. Cuanto mayor sea el tamaño de la economía (es decir, cuanto mayor sea la población,  $L$ ), menor será el coste de una invención por unidad de  $L$  y, consiguientemente, mayor será el número de invenciones<sup>5</sup>.

En suma, el modelo de crecimiento endógeno propuesto por Romer permite conocer los factores determinantes del crecimiento: el aumento de la disposición al ahorro de los consumidores y las mejoras tecnológicas. Además, se extraen dos conclusiones relevantes de este trabajo:

1. Existe una relación negativa entre el crecimiento del producto y el coste de la I+D ( $\eta$ ).
2. Existe una relación negativa entre el poder de monopolio de las empresas creadoras de *inputs* intermedios y la tasa de crecimiento de la economía.

Asimismo, el modelo entraña dos debilidades importantes:

- 1.- La existencia del denominado “efecto escala” (es decir, la relación directa entre la tasa de crecimiento de la producción y la cantidad de capital humano). Este efecto implica que la tasa de crecimiento de una economía dependa directamente del tamaño del país, lo que, en última instancia, generaría “crecimientos explosivos”.
- 2.- El cambio técnico es acumulativo, de forma que los bienes intermedios “perduran” en la economía aún después del descubrimiento de nuevos bienes. Por lo tanto, el aspecto schumpeteriano de “destrucción creativa” no está presente en este modelo. Aún así, la innovación resulta destructiva, por tanto que determina la caducidad de las técnicas de producción, los procedimientos y los productos previamente producidos.

---

<sup>5</sup> Además, el modelo de Romer considera la variedad de bienes intermedios como un elemento de la función de producción. En cambio, el modelo posterior de Grossman y Helpman (1991) considera que la utilidad de los consumidores depende de la variedad de bienes de consumo. Ambas producen resultados similares.

**Recuadro 1 .1. P roductores finales, em presas i nnovadoras y co nsumidores en el modelo de Romer<sup>6</sup>**

**- Productores del bien final**

La función de producción para las empresas productoras de bienes finales es la siguiente:

$$Y_i = A_i \left( \sum_{i=1}^{N_i} x_{it}^\alpha \right) L_i^{1-\alpha}, \quad \text{siendo } 0 < \alpha < 1 \quad [14]$$

$L_i$  es el factor trabajo,  $x_i$  son los *inputs* intermedios necesarios para producir los bienes finales y  $N_t$  es el número total de *inputs*  $x_i$ . El parámetro  $A$  es una medida de la productividad. El avance tecnológico se materializa en el aumento del número de bienes intermedios  $N_t$  (para lo que es preciso invertir en I+D), y no en el aumento de  $A$ . Por tanto, la tasa de crecimiento es proporcional a la ratio de innovaciones.

Las empresas productoras del bien final demandarán *inputs* ( $x_i$ ) hasta que el producto marginal de cada uno sea igual a su precio  $P_j$ . Maximizando la función de beneficios se puede extraer la siguiente función de demanda de cada *input*:

$$X_{ij} = L_i \cdot (A\alpha / P_j)^{1/(1-\alpha)} \quad [15]$$

donde la elasticidad precio de la demanda para cada tipo de bien intermedio es constante e igual a  $-1 / (1-\alpha)$ .

La producción agregada ( $Y$ ) puede dedicarse a tres fines: consumo, producción de bienes intermedios, e I+D necesaria para la invención de nuevos tipos de bienes intermedios (es decir, para aumentar  $N$ ).

**- Empresas de investigación**

<sup>6</sup> Adaptado de Barro y Sala i Martín (2003) y Acemoglu (2008).

Las empresas de I+D deben afrontar dos decisiones relevantes: primero deben decidir si financian la creación de un nuevo *input* (una innovación), cosa que harán si el valor de los beneficios esperados es al menos igual a los gastos de I+D. En segundo lugar, si deciden finalmente crear un nuevo *input* y tienen éxito en su invención, deben decidir el precio óptimo por el que lo venderán a las empresas productoras de bienes finales.

Por motivos de claridad expositiva, el modelo comienza con la resolución de la segunda decisión: según Romer el conocimiento difiere de otros bienes económicos por ser un bien no rival (puede ser utilizado al mismo tiempo por varios individuos sin impedimento alguno), parcialmente excluyente (los propietarios del nuevo conocimiento pueden limitar su acceso por medio de patentes) y acumulativo. La parcialidad de la exclusión del conocimiento responde al interés de los innovadores por obtener beneficios derivados de la propiedad de la innovación, lo que conduce a la formación temporal de monopolios que permiten recuperar las inversiones iniciales en I+D. Para determinar el precio al que vende su *input*, la empresa maximiza el valor actual de los beneficios que obtendrá cuando empiece a producir:

$$V(t) = \int_0^{\infty} \pi_j(v) \cdot e^{-\bar{r}(v-t)} dv \quad [16]$$

Donde  $\pi_j(v)$  es el flujo de beneficios en el año  $v$  y  $\bar{r}(t, v) \equiv [1/(v-t)] \cdot \int_t^v r(w) dw$  es el tipo de interés promedio entre los años  $t$  y  $v$ . El tipo de interés de equilibrio es constante ( $r$ ) y el factor de descuento está dado por  $e^{-r(v-t)}$ .

El precio de venta de la innovación  $j$  es  $P_j(v)$ . Así, si se maximiza el beneficio respecto de  $P_j(v)$  sujeto a la ecuación [15]:

$$\max_{P_j(v)} \pi_j(v) = [P_j(v) - 1] \cdot L \cdot [A\alpha / P_j(v)]^{1/(1-\alpha)} \quad [17]$$

El precio de equilibrio del monopolio para el *input* es:

$$P_j(v) = P = 1/\alpha > 1 \quad [18]$$

El precio es el mismo para todas las innovaciones  $j$  y el margen de beneficio es  $1/\alpha$ . Sustituyendo  $P_j$  en la ecuación [15] se determina la cantidad demandada de cada innovación  $j$ :

$$X_j = A^{1/(1-\alpha)} \alpha^{2/(1-\alpha)} L \quad [19]$$

Que de forma agregada se expresa como:

$$X = NX_j = A^{1/(1-\alpha)} \alpha^{2/(1-\alpha)} LN \quad [20]$$

Si se sustituye  $P_j$  y  $X_j$  de las ecuaciones [18] y [19], respectivamente, en la ecuación [17] obtenemos el flujo de beneficios,  $\pi_i$ :

$$\pi_i(v) = LA^{1/1-\alpha} \cdot \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \alpha^{2/1-\alpha} \quad [21]$$

El nivel de producción final se obtiene sustituyendo en las ecuaciones [14] y [20]:

$$Y = AL^{1/(1-\alpha)} X^\alpha N^{1-\alpha} \quad [22]$$

De donde se desprende la conclusión de que la producción depende del número de variedades de *inputs*.

En relación con la primera decisión (invertir, o no, en I+D para crear una nueva innovación), el modelo establece que, dado que las empresas con los medios tecnológicos disponibles sólo pueden producir una cantidad determinada de *inputs*, para aumentar  $N$  (cantidad de *inputs* o innovaciones) es necesario que se produzca un avance tecnológico, lo que requiere una inversión empresarial constante en I+D en una cantidad igual a  $\eta$ . Este



“sobre-coste” de las empresas hay que descontarlo del coste total de la producción, que es igual a  $\nu$ .<sup>7</sup>

Asimismo, el modelo establece dos supuestos adicionales: el coste de crear una nueva variedad de producto depende de los bienes inventados con anterioridad ( $\eta(N)$ ), y la función de producción depende del *stock* de *inputs* disponible por parte de las empresas, lo que se llama “efecto desbordamiento” o *spillovers* (los conocimientos adquiridos en el pasado ayudan a que la empresa desarrollen nuevas ideas para fabricar nuevos *inputs*). Esto implica que una empresa invierta en I+D siempre y cuando  $V(t) \geq \eta$ .

El sector de I+D se caracteriza por la libre entrada de empresas, por lo que, en el equilibrio, el valor neto actual del beneficio del innovador no puede superar la cantidad de inversión (es decir,  $V(t) > \eta$ ), porque, en caso contrario, todas las empresas destinarían todos sus recursos a I+D. Por lo tanto, en el equilibrio se considera que la I+D es positiva y que la cantidad de *inputs* o innovaciones ( $N$ ) es creciente a lo largo del tiempo. De esta forma se tiene que, para todo  $t$ :

$$V(t) = \eta \quad [23]$$

Sustituyendo los valores óptimos de  $P_j$  y  $X_j$  obtenidos en la ecuación [16], se obtiene el valor neto actual del beneficio del innovador en el momento  $t$ :

$$V(t) = LA^{1/(1-\alpha)} \cdot \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \cdot \alpha^{2/(1-\alpha)} \int_0^{\infty} e^{-\bar{r}(\nu-t)} d\nu \quad [24]$$

Derivando la ecuación [24] con respecto al tiempo, sustituyendo  $V(t)$  de la ecuación [23] y teniendo en cuenta que  $\bar{r}(t, \nu) \equiv [1/\nu - t] \cdot \int_t^{\nu} r(w)dw$ , se obtiene que:

<sup>7</sup> Se asumen que los inventores de los nuevos productos son también productores de los bienes intermedios que los incorporan.

$$r(t) = \frac{\pi}{V(t)} + \frac{\dot{V}(t)}{V(t)} \quad [25]$$

Donde  $\pi$  es el flujo de beneficios de la ecuación [21]. Esta ecuación expresa que la tasa de rendimiento de los bonos,  $r(t)$ , es igual a la tasa de rendimiento de invertir en I+D  $\left(\frac{\pi}{V(t)}\right)$ , más la tasa de ganancia o pérdida de capital asociada a un cambio del valor de la empresa investigadora  $\left(\frac{\dot{V}(t)}{V(t)}\right)$ . Puesto que  $\eta$  es constante, la condición de libre entrada descrita en la ecuación [21] implica que  $\dot{V}(t) = 0$ . Sustituyendo  $\pi$  por su valor en la ecuación [17] se obtiene que:

$$r = (L/\eta) \cdot A^{1/(1-\alpha)} \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) \cdot \alpha^{2/(1-\alpha)} \quad [26]$$

De esta forma, la tecnología y la estructura de mercado existente determinan la tasa de rendimiento de las empresas innovadoras.

### - Consumidores

Los consumidores maximizan su utilidad eligiendo la combinación óptima entre consumo presente y consumo futuro. La función de utilidad con preferencias normales de los consumidores se expresa como:

$$U = \int_0^{\infty} \left( \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right) \cdot e^{-\rho t} dt \quad [27]$$

El modelo de Romer asume que la población no crece ( $n = 0$ ) y que los consumidores ganan un salario ( $w$ ) procedente de su trabajo ( $L$ ) y una tasa de rendimiento por sus activos ( $r$ ). De esta forma la restricción presupuestaria de los consumidores es:

$$d(a)/dt = wL + r(a) - C \quad [28]$$

Donde  $a$  son los activos disponibles. Consiguientemente, la trayectoria del consumo es igual a:

$$\frac{\dot{C}}{C} = \left( \frac{1}{\theta} \right) \cdot (r - p) \quad [29]$$

Sustituyendo la ecuación [26] en la ecuación anterior, se obtiene la tasa de crecimiento en el equilibrio general:

$$\gamma = (1/\theta) \cdot \left[ (L/\eta) \cdot A^{1/(1-\alpha)} \cdot \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \cdot \alpha^{2/(1-\alpha)} - \rho \right] \quad [30]$$

Esta es la tasa de crecimiento del número de *inputs* (o innovaciones,  $N$ ), de la producción ( $Y$ ) y del consumo ( $C$ ). Si  $\gamma < 0$ , los empresarios no tendrán incentivos para realizar I+D,  $N$  permanecerá constante en el tiempo y la tasa de crecimiento será igual a cero. Si  $\gamma \geq 0$  y  $L$  es fijo, entonces  $Y$  es proporcional a  $N$ , con lo que ambas variables crecen a una misma tasa constante. La dinámica de crecimiento vendrá determinada por el progreso tecnológico, entendido éste como un aumento del número de nuevos *inputs* (innovaciones).

### 1.3.2. Incremento de la calidad de producto

Los modelos de “escalera de la calidad” conciben la innovación como una mejora de la calidad de un bien intermedio, lo que hace que los *inputs* nuevos y de mejor calidad desplacen del mercado a los ya existentes. Según Schumpeter (1942), este proceso de “destrucción creativa” explica que las empresas menos innovadoras desaparezcan del mercado al ser sustituidas por las que fabrican productos con mejor calidad. Aunque exista competencia imperfecta en el mercado y las empresas más innovadoras consigan situaciones de monopolio, este escenario no es inmutable, y cambia tan pronto como otra empresa descubre un nuevo *input* de mayor calidad que desplaza a la antigua empresa líder. La tasa de progreso técnico y económico depende –como en los modelos de innovación horizontal– de la productividad del proceso investigador (o probabilidad de éxito) y de la elasticidad de la demanda de estos bienes intermedios.

Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1998) desarrollaron sendos modelos en los cuales los productos más innovadores desplazan a los que ya están en el mercado, y en el que los bienes más obsoletos caen en desuso cuando aparece un avance tecnológico. En modelos como Romer (1986 y 1990) y Grossman y Helpman (1991) se asociaba el crecimiento económico a una expansión en la gama de productos o bienes de capital disponibles como factores de producción; sin embargo, los modelos de escalera de la calidad definen el crecimiento como un aumento de la calidad media de los *inputs*, asumiendo fija la cantidad.

El modelo de escalera de la calidad asume que el progreso tecnológico se deriva de la investigación emprendida por agentes que buscan un beneficio; en este contexto, los empresarios centran todos sus esfuerzos en hacer I+D sobre nuevos bienes que puedan tener cabida en el mercado, mejorando y superando las versiones que ya están implantadas. Para explicar este proceso, Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1998) desarrollaron la noción de “escalas de calidad”, en donde los “derrames tecnológicos” o *spillovers* juegan un papel fundamental, ya que cuando un innovador incorpora un nuevo producto en el mercado, los investigadores son capaces de estudiar sus características y centrar sus esfuerzos en mejorar ese producto.

El modelo asume una economía con tres sectores (igual que el modelo de Romer): productores de bienes finales, empresas de I+D y consumidores (véase **Recuadro 1.2**). Las empresas de I+D fabrican  $N$  variedades de bienes, como en el modelo anterior, pero en este caso la cantidad es contante. Las empresas de I+D tienen capacidad y conocimientos suficientes para mejorar sus bienes, con lo cual se forman escaleras de calidad y el equilibrio en cada sector se alcanza con el producto más puntero. Existen incentivos para que las empresas inviertan en I+D porque éstas pueden optar por crear un bien con mejor calidad que el resto y porque existen unos derechos de monopolio (las patentes) que les permiten vender el bien a un precio superior al de un mercado con competencia perfecta.

De esta forma el innovador más reciente “cortará” el flujo de beneficios de su predecesor; no obstante, los monopolios creados mediante innovaciones de productos de mayor calidad tienen una duración limitada. Evidentemente, cuanto mayor sea la duración del monopolio mayor retribución tendrá de la inversión realizada I+D.

Los supuestos fundamentales del modelo de escalera de calidad son tres:

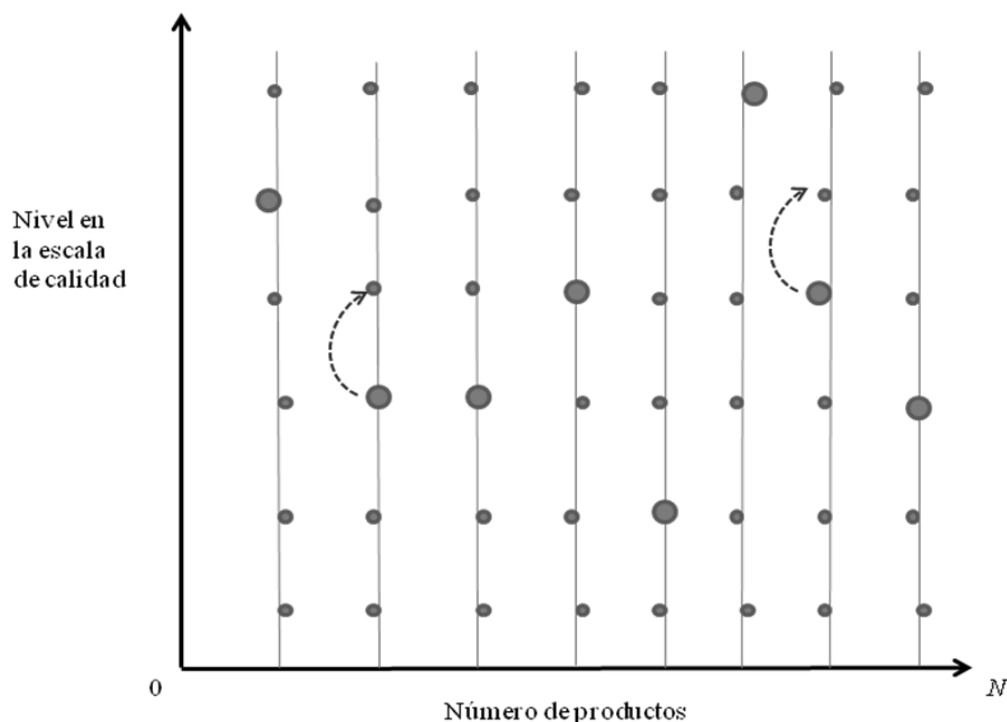
1. La existencia de rendimientos constantes a escala en el esfuerzo de investigación, por lo que una empresa de investigación tiene un éxito proporcional a sus recursos para la producción e inversamente proporcional al nivel de complejidad de la variedad anterior.
2. Las empresas no obtienen ninguna ventaja de la acumulación de sus esfuerzos fracasados de investigación.
3. Las empresas recién llegadas pueden intentar desarrollar productos innovadores sin tener que empezar de “cero”, ya que desarrollaran su producto a partir de la última variedad aparecida en el mercado (en concreto, aprenden todas las propiedades del producto que hay que dominar antes de que el desarrollo de la próxima generación pueda ser copiado).

El **Gráfico 1.2** sintetiza la lógica de los modelos de escalera de calidad. En el eje de abscisas se representa el número de variedades de productos ( $N$ ), donde cada fila corresponde a una cadena de producción diferente y todos los productos se sustituyen imperfectamente. En el eje de ordenadas se representan los niveles de calidad alcanzados en cada sector, en el momento actual. Las materias primas se asumen fijas, mientras que el número de productos varía en un intervalo  $N \in (1, 0)$ . Cada producto ( $N$ ) puede ser fabricado con un número ilimitado de calidades. Cada vez que un investigador consigue un avance tecnológico el producto salta a una generación posterior (indicado en el gráfico con flechas discontinuas). Con el tiempo la distribución de productos se mueve hacia arriba y, de esta manera, aumenta el bienestar de los agentes de la economía.

Finalmente, cabe alertar que este tipo de modelos –igual que los de innovación horizontal– tienen la debilidad de incluir el “efecto escala” entre sus resultados. Según Borondo (2008) para solucionar este problema habría que introducir en la especificación del modelo tanto un aumento de las variedades (en las que no se mejora la productividad porque son simplemente imitaciones que permiten mayor especialización, pero que generan también mayor complejidad de los procesos de selección), como una reducción del tamaño de los mercados. Por lo tanto, si el número de productos imitados aumenta con el incremento de

la población (puesto que el tamaño poblacional determina el número de potenciales imitadores), entonces desaparece el efecto de escala.

**Gráfico 1.2.** Modelo básico de Escalas de Calidad



Fuente: Grossman y Helpman (1991), pág. 86.

**Recuadro 1.2. Productores, empresas de investigación y consumidores en los modelos de incremento de la calidad de producto<sup>8</sup>**

**- Productores del bien final**

La función de producción de las empresas productoras del bien final se expresa como:

$$Y_i = AL_i^{1-\alpha} \cdot \sum_{j=1}^N (\tilde{X}_{ij})^\alpha ; \quad 0 < \alpha < 1 \quad [31]$$

donde  $L_i$  es el factor trabajo,  $\tilde{X}_{ij}$  representa la cantidad que se emplea del  $j$ -ésimo tipo de bien intermedio,  $A$  es una medida de la productividad y  $N$  (el número de *inputs*) es fijo (en vez de variable, como en el modelo de innovación horizontal). La calidad de cada bien está medida por la letra  $q$ . La mejor calidad de la que se dispone en el momento  $t_0$ , cuando un

<sup>8</sup> Adaptado de Barro y Sala i Martín (2003) y Acemoglu (2008)

bien acaba de ser inventando, es  $q=1$ ; para los siguientes niveles se situará en  $q_{t1}$  (nivel 1 en el momento  $t_1$ ),  $q_{t2}$  (nivel 2 en el momento  $t_2$ ), y así sucesivamente.

El modelo denota como  $q^{kj}$  a las mejoras  $k_j$  que se han producido en el sector  $j$ .<sup>9</sup> De esta forma, un aumento de  $k_j$  revela la existencia de una innovación. Asimismo, se asume que el coste de producción es idéntico para todos los niveles de calidad  $q^k$  y que el último productor del bien intermedio es el único proveedor. Sabiendo las escalas de calidad y la cantidad del bien empleada por el bien  $i$  se obtiene:

$$\tilde{X}_{ij} = q^{K_j} X_{ij} \quad [32]$$

Si sustituimos la ecuación [32] en la [31], la función de producción final de las empresas productoras de bienes finales es:

$$Y_i = AL_i^{1-\alpha} \cdot \sum_{j=1}^N (q^{K_j} X_{ij})^\alpha \quad [33]$$

La innovación en este modelo se encuentra en la variación que hace  $K_j$  en el tiempo, gracias a la inversión empresarial en I+D para mejorar la calidad. Finalmente, la demanda agregada del bien  $j$  del conjunto de empresas  $i$  se expresa como:<sup>10</sup>

$$X_j = L \cdot \left[ A\alpha q^{\alpha K_j} / P_j \right]^{1/(1-\alpha)} \quad [34]$$

donde  $P_j$  es el precio,  $-1/(1-\alpha)$  es la elasticidad de la demanda (que se asume constante) y  $L$  es el factor de trabajo agregado (también constante).

### - Empresas de investigación

Igual que en el modelo de Romer, se asume que las empresas de investigación afrontan

<sup>9</sup> Las magnitudes de  $k$  son aleatorias y dependen del éxito de la I+D.

<sup>10</sup> Las condiciones de primer orden exigen que el producto marginal sea igual al precio.

dos etapas de decisión: en la primera deciden si van a invertir en I+D y, si lo hacen, cuántos recursos. En la segunda, si tienen éxito en su innovación, tiene que fijar el precio del bien inventado para vendérselo a los productores del bien final.

Para calcular el precio de venta de la innovación se estima primero el flujo de beneficios:

$$\pi(K_j) = (P_j - 1) \cdot X_j \quad [35]$$

Donde  $X_j$  es la ecuación de demanda y se asume que el coste marginal de producción es igual a 1. El precio ( $P_j$ ) es igual a  $1/\alpha$ , que es el margen de beneficios. De esta forma la cantidad agregada del bien  $j$  es:

$$X_j = LA^{1/(1-\alpha)} \alpha^{2/(1-\alpha)} \cdot q^{K_j \alpha / (1-\alpha)} \quad [36]$$

El modelo asume que las diferencias de  $K_j$  entre sectores son la causa de las variaciones de  $X_j$  en el tiempo y entre sectores. Sabiendo el precio y la demanda agregada, el flujo de beneficios ( $\pi_i$ ) resultante es:

$$\pi(K_j) = \bar{\pi} \cdot q^{K_j \alpha / (1-\alpha)} \quad [37]$$

$$\text{donde } \bar{\pi} \equiv A^{1/(1-\alpha)} \cdot \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \cdot \alpha^{2/(1-\alpha)} L \quad [38]$$

Puesto que el beneficio es creciente respecto de  $K_j$ , el beneficio recibido por los productores de nuevas calidades de producto será mayor. Esta ecuación se refiere al periodo entre  $t_{kj}$  (momento en el que se produce la primera mejora de la calidad) y  $t_{kj+1}$  (momento en el que su competidor consigue la siguiente mejora). La diferencia entre ambos es  $T(K_j)$ . El valor actual de los beneficios del inventor del nivel de calidad  $K_j$ , calculado en el momento  $t_{kj}$ , viene dado por:

$$V(K_j) = \pi(K_j) \cdot \left[ 1 - e^{-r \cdot T(K_j)} \right] / r \quad [39]$$



Donde  $\bar{r}(t, \nu) \equiv [1/\nu - t] \cdot \int_t^\nu r(w)dw$  es el tipo de interés promedio entre los años  $t_{kj}$  y  $\nu$  y  $e^{-r \cdot T(Kj)}$  es la tasa de descuento. La ecuación anterior establece que la ganancia de la innovación  $Kj$ -ésima depende directamente del flujo de beneficios  $\pi(Kj)$ , de  $T(Kj)$  y de la duración del monopolio del inventor del bien  $j$ .

Agregando todas las empresas  $i$ , se obtiene la función de producción agregada a partir de la ecuación [33]:

$$Y = A^{1/(1-\alpha)} \alpha^{2\alpha/(1-\alpha)} LQ \quad [40]$$

Como en este modelo  $N$  y  $L$  son constantes, el crecimiento de la producción depende de las escalas de calidad,  $Q$  (donde  $Q \equiv \sum_{j=1}^N q^{K_j \alpha / (1-\alpha)}$ ).

Para determinar el ciclo del crecimiento económico es preciso estudiar las variaciones de  $K_j$ . El modelo asume que un investigador considerará invertir en I+D si el valor actual de la misma es igual o superior a su coste. Además, se asume que el proceso de investigación está sujeto a incertidumbre, que las innovaciones aparecen de forma aleatoria y que son independientes entre sectores. La duración del monopolio dependerá de la probabilidad  $p(Kj)$  de que un inventor descubra una calidad superior a la que existe en este momento en el sector  $j$ , es decir superior a  $K_j$ . Esta probabilidad dependerá de las inversiones empresariales en I+D. Consiguientemente, el valor actual de los beneficios ( $V(Kj)$  de la ecuación [39]) es una variable aleatoria con probabilidad  $p(Kj)$ .

El valor esperado viene dado por:

$$E[V(Kj)] = \pi(Kj) / [r + p(Kj)] \quad [41]$$

Lo que indica que la probabilidad de perder la posición monopolística (es decir, de que aparezca una calidad superior a la que hay actualmente en el mercado) es igual a  $P(K_j)$ , y se combina con  $r$  para obtener la tasa efectiva de descuento  $r+P(K_j)$ .

Para analizar cómo depende la probabilidad  $p(K_j)$  de las inversiones en I+D en el sector  $j$ , se denomina  $Z(K_j)$  al flujo agregado de recursos que invierten los posibles innovadores del sector  $j$  cuando el nivel de calidad más alto es  $K_j$ . El modelo asume además que al aumentar  $Z(K_j)$ , aumenta también la probabilidad de éxito de que aparezca una calidad superior; y que la probabilidad de éxito depende también de la calidad que ya esté establecida en el sector,  $K_j$ . Si la calidad es muy alta, innovar será más difícil y la probabilidad más baja (y viceversa). La probabilidad de éxito viene dada por:

$$p(K_j) = Z(K_j) \cdot \phi(K_j) \quad [42]$$

Donde  $\phi(K_j)$  recoge el efecto de la tecnología,  $K_j$ .

Si la empresa que invierte una cantidad en I+D,  $Z(K_j)$ , tiene éxito y logra una patente, la empresa tendrá unos beneficios futuros, que no serán seguros ya que el éxito en la innovación se considera aleatorio. Las inversiones en I+D serán positivas ( $Z(K_j) > 0$ ) si el rendimiento que esperan es al menos igual al coste.

La formulación más sencilla de  $\phi(K_j)$  es aquella en la que los éxitos son cada vez más difíciles, ya que la calidad del producto es cada vez más alta. Es decir:

$$\phi(K_j) = (1 / \zeta) \cdot q^{-(K_j+1) \cdot \alpha / (1-\alpha)} \quad [43]$$

Donde  $\zeta > 0$  representa el coste de la investigación. Esta ecuación implica que el coste de I+D aumenta proporcionalmente con el coste de producción previsto. La probabilidad de éxito entre sectores es idéntica e independientemente de la escala de calidad:

$$p = \frac{\bar{\pi}}{\zeta} - r \quad [44]$$

La tasa de crecimiento esperado de cada sector será la misma y la tasa de crecimiento del conjunto de la economía acabará siendo constante. Si  $r$  es constante en el tiempo,  $p$  también lo es.

#### - Consumidores

Los consumidores diferencian verticalmente los productos y los consideran sustitutivos si presentan calidades semejantes. Los consumidores maximizan la utilidad distribuyendo su gasto uniformemente a través de las cadenas de calidad del mismo producto, y comprando solamente el tipo de producto que lleva el precio más bajo por nivel de calidad. La ecuación básica del crecimiento del consumo es la siguiente:

$$\frac{\dot{C}}{C} = (1/\theta) \cdot (r - \rho) \quad [45]$$

Siendo  $C$  el consumo agregado,  $r$  la tasa de rendimiento,  $\rho$  la tasa de preferencia temporal y  $\theta$  la elasticidad de la utilidad marginal. La restricción de recursos de la economía establece que la producción agregada ( $Y$ ) es igual al consumo agregado ( $C$ ), más los recursos gastados en productos intermedios ( $X$ ), más el total del gasto en I+D ( $Z$ ). Es decir:

$$Y = C + X + Z \quad [46]$$

$Y$ ,  $X$  y  $Z$  son funciones lineales de las escalas de calidad ( $Q$ ). De ello se deduce que  $C$  también es función lineal de  $Q$ . Por lo tanto, las variables crecen a una misma tasa  $\gamma$ :

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{Z}}{Z} = \frac{\dot{X}}{X} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{Q}}{Q} = \gamma \quad [47]$$

Finalmente, sustituyendo la ecuación [44] en la expresión de la tasa de crecimiento del consumo [45] se obtiene:

$$\gamma = \frac{\dot{C}}{C} = (1/\theta) \cdot \left( \frac{\bar{\pi}}{\zeta} \right) - p - \rho \quad [48]$$

donde  $p$  es la probabilidad de éxito de la  $I+D$ , que es endógena. Por lo tanto, la tasa de crecimiento depende de los resultados de la inversión en  $I+D$ , que dependen a su vez del nivel de calidad de los productos de cada sector.

#### 1.4. Estudios empíricos sobre innovación y crecimiento

Numerosos estudios empíricos han tratado de analizar empíricamente los mecanismos potenciales de impacto de la innovación sobre el progreso económico de los países. En líneas generales, las contrataciones parten de modelos de crecimiento que son herederos de los estudios pioneros de Robert Barro (Barro, 1991) sobre los “determinantes últimos” de la tasa de crecimiento a largo plazo. Desde este enfoque, para un panel de países, se asume que la tasa de variación del ingreso *per capita*,  $G_{i,t}$ , del país  $i$  entre los años  $t_0$  y  $T$  depende de su nivel inicial de ingreso *per capita* ( $Y_{i,t_0}$ ), de la innovación ( $A_{i,t_0}$ ) y de un vector de “otras” variables que determinan el estado estacionario,  $X_{i,t_0}$ , según la ecuación:

$$G_{i,t} = \alpha_i + \beta y_{i,t_0} + \varphi A_{i,t_0} + \sum_{l=1}^L \delta_l X_{i,t} + u_{i,t} \quad [49]$$

donde  $\alpha_i$  es el efecto fijo asociado al país  $i$ . De acuerdo con esta especificación simplificada, el parámetro  $\beta$  revela la existencia de convergencia condicional entre los países (esto es, la denominada  $\beta$ -convergencia, siempre y cuando se satisfaga la condición  $\beta < 0$ ). El parámetro  $\varphi$  indica el efecto de la innovación sobre la tasa de crecimiento a largo plazo. Los  $L$ -parámetros  $\delta$  indican los efectos de otros factores que explican el crecimiento a largo plazo. Finalmente,  $u_{i,t}$  es el término residual.

A grandes rasgos, los ejercicios empíricos que han evaluado el impacto de la innovación en el crecimiento se pueden dividir en tres grupos de estudios: i) los que evalúan directamente el impacto de  $A$  sobre  $G$ ; ii) los que analizan indirectamente cómo aumenta la productividad y ésta, a su vez, contribuye a incrementar  $G$ ; y iii) los que analizan la convergencia entre países gracias a la difusión internacional de tecnología. El **Anexo 3** ofrece una guía de algunos de los principales trabajos empíricos.

### **1.4.1. Estudios del impacto directo de la innovación sobre el crecimiento**

Del primer grupo de estudios existe una “transitada” línea de trabajos que, siguiendo el esquema introducido por Griliches (1973) para EEUU, tratan de precisar el efecto de las actividades tecnológicas en el crecimiento del sistema productivo. Dicho esquema se basa en la definición del “capital tecnológico”, resultado de la acumulación, con unas condiciones determinadas de depreciación de las actividades de I+D realizadas anualmente, y su posterior inclusión como *input* adicional de la función de producción. Los resultados de este autor señalan un efecto positivo y significativo del capital tecnológico sobre el ritmo de crecimiento del *output*.

Un buen exponente de esta literatura es el ejercicio realizado por Jones (2002), que analiza el entorno en el que las ideas circulan libremente por el mundo. De acuerdo con sus estimaciones, el 70% del crecimiento se atribuye a un aumento en el *stock* de ideas producidas por los investigadores de los países del G-5 para el periodo 1950-1993.

Fraumeni y Okubo (2005) tratan la I+D como inversión y no como gasto corriente, lo que según estos autores permite una mejor identificación de las variables que son importantes para un análisis de las fuentes de crecimiento y, por tanto, la determinación de la contribución de la I+D al desarrollo. Fraumeni y Okubo analizan el impacto de la I+D sobre el PIB y el ahorro nacional. Estiman que la contribución de la I+D a la tasa media de crecimiento del PIB de EEUU fue de 0,38 puntos porcentuales en el periodo 1961-2000.

Para esta misma economía, Jorgenson, Ho y Stiroh (2005) analizan las fuentes del crecimiento económico y sus resultados confirman la creciente aportación de la inversión en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): en el período 1995-2002, la inversión en tecnologías digitales explicó 0,64 puntos porcentuales del aumento del PIB, lo que representa un 17,8% del crecimiento económico en el período, frente a una participación del 15,2% en el período 1989-1995, del 11,8% en el período 1973-1989 y del 2,8% en el período 1948-1973.

El estudio reciente de Barro y Sala-i-Martin (2009) corrobora, una vez más, que la principal fuente de crecimiento es el progreso tecnológico. Según estos autores, dado que

el capital es endógeno y reacciona ante el progreso tecnológico, se puede atribuir gran parte del crecimiento del PIB al progreso de la tecnología. Barro y Sala-i-Martin aplican su análisis a cuatro países de Asia Oriental: Hong Kong, Singapur, Corea del Sur y Taiwán. Las estimaciones revelan que en Hong Kong el 59% del crecimiento del PIB puede atribuirse al progreso tecnológico, el 49% en Singapur y el 53% en Taiwán; únicamente la tasa de crecimiento de Corea del Sur se explica, en buena parte, por la acumulación de factores exógenos.

#### **1.4.2. Estudios del impacto de la innovación sobre el crecimiento a través del incremento de la productividad**

Los estudios de Jones (1995) aplicados a la economía de EEUU refutan el modelo de Romer, ya que el número de científicos en dichos países ha aumentado con el tiempo y, sin embargo, la tasa de crecimiento de la productividad no incrementó significativamente. Aunque Jones (1995) afirma que este tipo de crítica no incumbe a los modelos que suponen una relación directa entre el crecimiento de la productividad y la fracción del PIB dedicada a la I+D, en cambio, en un estudio posterior, Jones (2002) estimó que la tasa de crecimiento media de productividad del trabajo en EEUU entre 1950 y 1993 fue de un 2%, que se descompone, a su vez, en un 1,4% de contribución del *stock* de conocimientos del G-5 y un 0,6% de contribución del *stock* de conocimientos procedentes del aumento del nivel de educación.

Gordón (2000) estudió el papel de las TIC en el incremento de la productividad de EEUU, y constató que la aceleración de la productividad era atribuible, casi exclusivamente, al progreso del sector TIC.

Porter y Stern (2000) estiman los parámetros de la función de producción de las ideas en 17 países de la OCDE. Sus estimaciones arrojan tres conclusiones de interés: *i)* la I+D aumenta la productividad de manera proporcional al número de ideas ya descubiertas; *ii)* la relación entre la productividad de las ideas de un país determinado y el *stock* mundial de ideas es constante o decreciente; y *iii)* la relación entre las ideas producidas y la tasa de crecimiento de la productividad global es muy baja; es decir, existe una brecha entre la

producción sostenida de las ideas por las economías avanzadas y la capacidad de traducir las ideas en crecimiento de la productividad.

Guellec y Van Pottelsbergue (2001) analizan 16 países de la OCDE y tratan de distinguir las contribuciones de tres tipos de inversiones en I+D: doméstica, extranjera y pública. El análisis de regresión revela que la I+D es relevante para el progreso de la productividad y el crecimiento económico, lo que justifica que los gobiernos financien actividades de I+D (en particular, defienden estos autores, los gobiernos deben financiar la enseñanza superior, porque tiene un efecto positivo y significativo en el crecimiento a largo plazo). El estudio también revela que el efecto logrado por la I+D pública depende de la intensidad del esfuerzo privado en I+D.

El estudio de Lederman y Maloney (2003) confirmó la existencia de una clara relación positiva entre la inversión en I+D y el logaritmo del PIB *per capita*, concluyendo que la inversión en I+D contribuye al progreso económico y que la tasa de crecimiento de esta inversión también aumenta a medida que crece el PIB *per capita*. Asimismo, Lederman y Maloney constataron que las variables que explican la mayor inversión en I+D en los países de renta alta (en comparación con los países de menores rentas) son la profundidad del sistema financiero, la protección de los derechos de propiedad intelectual, la mayor eficiencia del gobierno en la movilización de recursos y la calidad del marco institucional en el que se genera la investigación. Finalmente, estiman que un aumento del gasto en I+D en medio punto porcentual del PIB aumenta anualmente la tasa de crecimiento del PIB entre 0,3 y 0,4 puntos porcentuales.

Denis *et al.* (2004) compararon la evolución de la productividad de la UE con la de EEUU desde 1960, destacando que hasta 1990 la productividad creció a tasas más altas en Europa. Las causas del retroceso experimentado en la productividad europea en relación con la americana a partir de 1990 se atribuyen precisamente a los factores de crecimiento endógeno: menores esfuerzos en I+D y educación. Estos autores también estudiaron el efecto a largo plazo de la innovación sobre la productividad, considerando una función de producción Cobb–Douglas con rendimientos constantes a escala y donde la productividad total de los factores (PTF) aumenta con la I+D, la educación y otros factores. La

estimación econométrica confirmó la significatividad estadística y la relevancia económica de la I+D y, en menor medida, de la educación, la apertura comercial y el tamaño del país.

Abdih y Jouth (2005) estudiaron la relación existente entre patentes y PTF y descartaron la existencia de una elevada relación: si se dobla el *stock* de patentes, “sólo” aumenta en un 10% la PTF a largo plazo. La explicación es que las patentes incorporan conocimientos que llevan consigo un proceso complejo, largo y difícil de evaluar mediante análisis de regresión.

Jorgenson, Ho y Stiroh (2005) estudian el papel desempeñado por las TIC en las mejoras de la eficiencia global de las economías del G7. El componente TIC de la productividad total de los factores aumentó significativamente su participación en el período 1995-2001 con relación al período 1989-1995, explicando 0,82 puntos porcentuales del aumento de la productividad del trabajo en Gran Bretaña, y 0,17 puntos porcentuales en Canadá. Este trabajo pone claramente de relieve la creciente y significativa participación de las TIC en la explicación del crecimiento de la productividad en los países del G-7.

Khan y Luintel (2006) analizaron las variables que explican el progreso de la PTF: *stock* de conocimientos privado, público y extranjero; infraestructuras; IED; exportaciones de alta tecnología; y capital humano. Las estimaciones revelaron la significatividad de las tres variables de conocimiento, que mostraron signos positivos para todos los países analizados y se revelaron como las variables más relevantes del análisis.

Borondo (2008) realiza un estudio con datos españoles, en el que concluye que el *stock* de conocimientos es una fuente clave de crecimiento de la productividad. Según sus estimaciones, la productividad española creció entre 1968 y 2004 un 2,3% de media anual, a lo que contribuyó con un 1% el *stock* de conocimiento.



### 1.4.3. Estudios de convergencia mediante la difusión internacional de tecnología

Las distintas aportaciones sobre el *catch-up* tecnológico señalan que la difusión internacional de la tecnología juega un papel fundamental en el crecimiento económico y en los procesos de convergencia entre países. Así, la generación de conocimiento e innovaciones son los factores que causan la diferencia tecnológica existente entre el país líder, que crea tecnología, y el seguidor, que la imita. Esta hipótesis de *catch-up* implica, por tanto, la importancia de las capacidades de absorción de los países seguidores. Cuanto mayor sea la diferencia tecnológica entre el líder y el seguidor, y gracias a la difusión de la tecnología internacionalmente disponible, mayores serán las mejoras potenciales que se podrán introducir en los procesos productivos del país seguidor, y como consecuencia, mayor será también el crecimiento potencial de éste frente al del país líder (Escot y Galindo, 1998)<sup>11</sup>. Así pues, y desde el punto de vista de la política económica, sería conveniente facilitar el proceso de difusión tecnológica eliminando cualquier traba o freno al proceso *catch-up* tecnológico efectivo entre líderes y seguidores, ya que, de lo contrario, se frenaría el progreso de los países más pobres y la convergencia entre las naciones. Otros autores han explicado la convergencia condicional entre países introduciendo la difusión internacional de tecnología<sup>12</sup>.

El trabajo pionero de Coe y Helpman (1995) analiza el proceso de difusión de tecnología entre países, concluyendo que la inversión en I+D tiene un efecto comparativamente mayor en los países más abiertos al comercio internacional y con mayor nivel de educativo, ya que todo ello posibilita que el país absorba mejor los *spillovers* tecnológicos.

Posteriormente, Coe, Helpman y Hoffmaister (1997) estimaron el impacto de la I+D extranjera en el crecimiento de la PTF de los países en desarrollo. Los datos empleados constatan que los países en desarrollo no invierten insignificamente en I+D, en relación

---

<sup>11</sup> Entre estos planteamientos cabe destacar los trabajos de Abramovitz (1986) y Barro y Sala-i-Martin (1997).

<sup>12</sup> Respecto a las limitaciones sociales, institucionales, educativas, estructurales y de otros tipos que condicionan el proceso de *catch up*, véase los trabajos de Nelson y Phelps (1966), Abramovitz (1986) y Pérez y Soete (1988).

con el tamaño de sus economías, por lo que los rendimientos obtenidos de estas inversiones son sustanciales. De hecho –afirman estos autores–, los retornos de la I+D en los países en desarrollo están por encima de los de los países industrializados, lo que supone un argumento de peso para impulsar las inversiones en innovación.

El estudio de Howitt (2000) revela que los países que no realizan los gastos necesarios para poder absorber tecnología del exterior, no tienen capacidad de generar tecnología propia y, consiguientemente, no logran crecer. En cambio, los países que invierten, aunque sea poco, en I+D acortan su distancia respecto de la frontera del conocimiento. A pesar de este resultado, las estimaciones de Howitt sugieren que el crecimiento en los países en desarrollo será mayor que en los adelantados y por lo tanto se obtiene convergencia.

Aghion, Comin y Howitt (2006) sostienen que un país poco adelantado necesita para innovar que una empresa extranjera invierta en él y le transfiera su tecnología. Para ello, el país receptor también necesita invertir en I+D para poder absorber esta tecnología, algo que consiguen más fácilmente los países con más ahorro interno. De esta manera el modelo explica la relación entre la tasa de ahorro y el crecimiento en los países alejados de la frontera tecnológica, no siendo así en países que si están próximos a dicha frontera, ya que sus empresas se pueden autofinanciar o conseguir financiación del extranjero.

Finalmente, Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006) evalúan los pros y contras de las estrategias de crecimiento basadas en la inversión en capital físico y en innovación. La premisa principal del análisis es que la innovación son más importantes para una economía cuanto más próxima esté a la frontera tecnológica mundial. Las empresas tienen pocos incentivos para innovar cuando controlan el mercado nacional, pero los incentivos aumentan cuando compiten con otras empresas internacionales. Cuando esto ocurre, la innovación es fundamental para mantener el liderazgo de un mercado. Estos autores concluyen que las trabas a la apertura internacional hacen más daño a los países que están más cerca de la frontera tecnológica.

## **1.5. Conclusiones parciales**

Según la OCDE, la *innovación* consiste en un nuevo o mejorado producto, proceso, método de organización o método de comercialización. La importancia de la innovación para el progreso de las naciones es fundamental, como revela el hecho de que las sociedades –y las personas– más innovadoras hayan progresado más rápido en la senda del desarrollo. No es de extrañar, por tanto, que la Economía, como Ciencia, se haya preocupado casi desde sus orígenes por entender cuáles son los mecanismos de impacto de la innovación sobre el crecimiento económico.

De este modo, el análisis de la innovación ha recibido una atención destacada en la prolífica literatura económica sobre el crecimiento. El presente capítulo no pretende ofrecer una revisión exhaustiva de la literatura sobre los modelos de crecimiento, sino revisar la concepción económica de la innovación como factor determinante del crecimiento, tanto a través de las aportaciones teóricas, como a través de las contrataciones empíricas de la dinámica de crecimiento.

Inicialmente, los modelos pioneros de crecimiento de Solow (1956 y 1957) y Swan (1956) emplearon una función de producción neoclásica con rendimientos constantes a escala y rendimientos marginales decrecientes en cada factor de producción. En el estado estacionario estos modelos predicen que los niveles de capital y trabajo dependen de la tasa de ahorro, de la tasa de crecimiento demográfico y de la función de producción. Por otra parte, estos modelos también predicen que sin progreso tecnológico las economías no crecen en el largo plazo. No obstante, estos autores concibieron el avance tecnológico como una variable “exógena”, lo que ha generado numerosas críticas, ya que “[...] se llega a un modelo de crecimiento que lo explica todo, menos el crecimiento” (Barro y Sala-i-Martin, 2009, pág. 17).

Los autores posteriores, a partir del trabajo de Romer (1986), trataron de salvar las limitaciones del modelo neoclásico mediante la concepción del progreso tecnológico como una variable “endógena” del crecimiento. Así, autores como Romer (1987 y 1990), Aghion y Howitt (1998) y Grossman y Helpman (1991) trataron de modelizar la contribución de la innovación en la dinámica del crecimiento. La característica común de estos modelos es

que asumen que las actividades de I+D son beneficiosas para las empresas, siempre y cuando exista un marco regulatorio adecuado que, por medio de patentes, consiga incentivar el desarrollo de innovaciones y otorgue posiciones temporales de monopolio a las empresas innovadoras; en el largo plazo, esto permite que la tasa de crecimiento sea positiva. Puesto que la existencia de rendimientos marginales decrecientes en la acumulación de capital físico y humano impide sostener el crecimiento a largo plazo, los modelos de crecimiento endógeno se centran en analizar las mejoras continuas de la tecnología. El análisis de estas mejoras ha generado dos enfoques teóricos distintos, pero complementarios para la comprensión del papel de la innovación en el crecimiento: de una parte, los modelos que estudian las mejoras en la calidad de los productos (Aghion y Howitt, 1998 y Grossman y Helpman, 1991) y, de otra parte, los modelos que analizan las mejoras en términos de la ampliación de la variedad de los productos (Romer, 1990).

El debate sobre la relevancia que la innovación tiene en las dinámicas de crecimiento de los países ha tratado de saldarse en el terreno empírico. Lo cierto es que pocos estudios discrepan de la hipótesis general de que la innovación es un factor fundamental –quizás el más relevante– del progreso económico. De hecho, la relevancia de la innovación es uno de los resultados más robustos de la investigación económica aplicada. De este resultado se derivan conclusiones importantes de política económica: los gobiernos deben implementar políticas de intervención en el corto y medio plazo que impulsen el progreso tecnológico y, así, la productividad de la economía; y las empresas deben ser más innovadoras para aumentar sus beneficios. No obstante, cabe alertar, el grueso de los trabajos se ha limitado a analizar a las economías de “vanguardia” en términos de la innovación mundial (básicamente, los países de la OCDE), y se ha concedido una atención limitada al análisis de los países



# CAPITULO 2

## COOPERACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL

- 2.1. Introducción
- 2.2. Panorama de innovación en los PED
- 2.3. Cooperación científico-tecnológica para el desarrollo internacional: concepto, objetivos, actores y sectores de destino
- 2.4. Ayuda oficial al desarrollo científico-tecnológica: recursos, tendencia y distribución geográfica y sectorial
- 2.5. Conclusiones parciales

## **2.1. Introducción**

En este capítulo se caracterizan y analizan las políticas internacionales de cooperación científico-tecnológica (en adelante, cooperación CT) para el desarrollo. Para ello se describe brevemente, en primer lugar, el panorama de la innovación en los PED, atendiendo a los disímiles grados de desarrollo de sus Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y de sus capacidades tecnológicas. En el segundo epígrafe se caracterizan las políticas de cooperación CT para el desarrollo internacional, identificándose sus principales objetivos, actores y sectores de destino. En tercer lugar se analizan estadísticamente los recursos públicos de cooperación CT (la denominada Ayuda Oficial al Desarrollo científico-tecnológica, AOD-CT) que financian los países donantes del Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD) de la OCDE y los organismos multilaterales de desarrollo, atendiendo a su evolución temporal desde 1998, y a su distribución geográfica y sectorial. Finalmente se ofrece un balance de los principales resultados obtenidos y se concluye que las políticas de cooperación CT apuestan por una estrategia “inclusiva” de desarrollo internacional “desde la innovación”.

## **2.2. Panorama de la innovación en los PED**

De acuerdo con la definición estricta de “innovación” propuesta por el Manual de Oslo de la OCDE, el mundo en desarrollo apenas produce avances innovadores, y es que en estos países el cambio tecnológico se produce, en gran parte, a través del aprendizaje y la imitación de tecnologías que ya existen en otros países más avanzados<sup>1</sup>. No obstante, la OCDE (2005) admite también una definición “blanda” de innovación, según la cual se producen avances cuando un país introduce por primera vez productos y procesos que son nuevos para ellos, pero no necesariamente para el resto del mundo. Es decir, esta última definición acepta la “imitación tecnológica” como parte del proceso de innovación, lo que evidencia la importancia de la asimilación y la absorción de tecnología extranjera;

---

<sup>1</sup> El *Manual de Oslo* pertenece a la denominada “Familia Frascati”. El Manual se encarga de la medición de la innovación, y es el documento de directrices más utilizado para interpretar los datos sobre actividades de innovación en las empresas. El *Manual de Oslo* define la *innovación* como:

[...] la implementación de un producto (bien o servicio) o proceso nuevo o con un alto grado de mejora, o un método de comercialización u organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, al lugar de trabajo o a las relaciones externas (OCDE, 2005, pág. 33).

tecnología que, por lo tanto, no solamente consiste en medios físicos, sino también en recursos intangibles como la información, la comprensión y el aprendizaje<sup>2</sup>.

Aunque existen diversos determinantes que explican las desiguales capacidades tecnológicas de los países, destacan cinco aspectos especialmente relevantes (Furman, Porter y Stern, 2002): la calidad de la infraestructura para la innovación; la inversión en I+D+i (sector público y privado) y en capital humano; la existencia de un marco legal que permita la protección de la propiedad intelectual; la apertura de la economía al comercio internacional; y la calidad de las conexiones entre infraestructura y grupos industriales.

La conjunción de estos factores resulta en la conformación de los disímiles Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) existentes entre países desarrollados y PED<sup>3</sup>; sistemas que, en definitiva, deben proveer a cada país de un entorno adecuado, y de los recursos necesarios, para crear avances en la generación de conocimiento. En concreto, los SNI de los PED presentan múltiples deficiencias que limitan su positivo impacto sobre el desarrollo. De acuerdo con el PNUD (2007), dos especialmente destacadas son la debilidad de los vínculos existentes entre universidades, centros de investigación y organismos de transferencia de tecnología; y el hecho de que en los PED buena parte del conocimiento no se crea a partir de la demanda existente en las sociedades, sino que la investigación está, en muchos casos, impulsada por los donantes<sup>4</sup>.

Siguiendo el enfoque de análisis de los SNI, diversos trabajos han tratado de identificar los determinantes del cambio tecnológico de los países, lo que ha dado lugar al estudio de las

---

<sup>2</sup> En este sentido, trabajos como los de Nelson y Phelps (1966) y Verspagen (1991) introducen el argumento de umbral y la no linealidad en la explicación del proceso de crecimiento a partir de la interacción del capital humano y la dinámica tecnológica, centrándose en la importancia de las capacidades de absorción como elemento determinante de los mecanismos de difusión.

<sup>3</sup> Freeman (1995) define los SNI como redes de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden las nuevas tecnologías. Pavit y Patel (1995) consideran que las principales instituciones que conforman los SNI son las universidades, las instituciones públicas y privadas que proporcionan educación y capacitación, y el sector financiero. Véase Lundvall (1985) para una explicación de los elementos y relaciones localizados en una región determinada que interactúan en la producción, difusión y uso del conocimiento nuevo y útil desde el punto de vista económico.

<sup>4</sup> El estudio comparado de Tezanos (2008c) sobre los modelos canadiense, británico y holandés de apoyo público a la investigación sobre desarrollo humano constata, en este sentido, el creciente interés de los donantes por financiar investigaciones relacionadas con los temas prioritarios de la agenda internacional de desarrollo —especialmente aquellos que atañen a los Objetivos de Desarrollo del Milenio.



capacidades tecnológicas<sup>5</sup>. Una de las características clave de estas capacidades es que no se distribuyen uniformemente entre los países, las regiones y las empresas. Es más, son pocos los países que mejoran constantemente su base de conocimientos, mientras la mayoría permanece rezagada y algunos experimentan serias dificultades para absorber capacidades foráneas, consideradas obsoletas en las regiones más avanzadas (Archibugi y Coco, 2004).

No obstante, el informe del Banco Mundial (2008) de Perspectivas económicas mundiales 2008 –subtitulado *Difusión de las tecnologías en los países en desarrollo*– revela que la brecha tecnológica tiende a cerrarse desde la década de 1990 debido al rápido progreso tecnológico experimentado por algunos PED; progreso que –en ciertos países– duplicó el ritmo de avance de las economías desarrolladas. En realidad, este avance ha consistido mayoritariamente en imitación y asimilación de tecnologías foráneas (como se dijo anteriormente, de acuerdo con la definición “blanda” de innovación), lo que ha permitido que los avances hayan sido especialmente rápidos en los países de ingreso bajo, que son los que parten de niveles más bajos de tecnología<sup>6</sup>.

Sin embargo –cabe alertar–, a pesar de este aparente “estrechamiento” de la brecha tecnológica, lo cierto es que los PED emplean un nivel de tecnología equivalente a una cuarta parte del que se utiliza en los desarrollados porque la tecnología no se difunde con la

---

<sup>5</sup> El concepto de capacidades tecnológicas describe las habilidades más amplias que se requieren para iniciar procesos de mejoras que impulsen dinámicas de crecimiento y desarrollo sostenido. La definición de capacidades tecnológicas implica conocimientos y habilidades para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías (Bell y Pavitt, 1995; Lall, 1992). Partiendo de esta definición, se entiende que las capacidades tecnológicas incluyen las capacidades de innovación y las capacidades de absorción. La capacidad de innovación está sujeta a aspectos como las infraestructuras, las actividades de innovación, formación del capital humano, y las habilidades de los países para crear, imitar y gestionar el conocimiento (Castellaci y Archibugi, 2008). La capacidad de absorción se refiere a la posibilidad de acceder, aprender y asimilar tecnologías extranjeras (Rogers, 2004).

<sup>6</sup> La existencia de una brecha tecnológica genera un potencial de aprendizaje, imitación o copia. Las importaciones de bienes de capital permiten la difusión de nuevas oleadas de tecnología extranjera, en tanto la migración internacional y las inversiones directas propagan diferentes tipos de conocimientos tácitos. Estos tipos de transferencias tecnológicas tienden a aumentar la capacidad de competencia de los países menos desarrollados. Sin embargo, la existencia de una brecha tecnológica implica que los países más desarrollados gocen de una ventaja competitiva en los mercados internacionales y puedan, por ello, sacar mejores ventajas del crecimiento de la demanda internacional (Verspagen, 1993)

misma rapidez dentro de estos países y por la limitada capacidad de absorción de las empresas, las instituciones y las personas<sup>7</sup>.

Asimismo, este informe del Banco Mundial (2008) revela que las principales innovaciones producidas en los últimos 200 años (como la fuerza térmica, la electricidad y los teléfonos) están asimétricamente difundidas en los PED. El acceso a estas “tecnologías antiguas” depende de la capacidad de cada país de absorber tecnologías foráneas y del coste de las mismas, a lo que se une el hecho de que la difusión tecnológica es especialmente complicada en muchos países de ingreso bajo y medio-bajo como consecuencia de la debilidad de las instituciones y la falta de capacidad para construir y mantener las infraestructuras necesarias. Por ejemplo —señala el Banco Mundial—, mientras que las ex-repúblicas soviéticas disfrutaban de acceso casi universal a la electricidad, en el sur del Sahara la electricidad está al alcance del 8% de la población rural y poco más de la mitad de la población urbana.

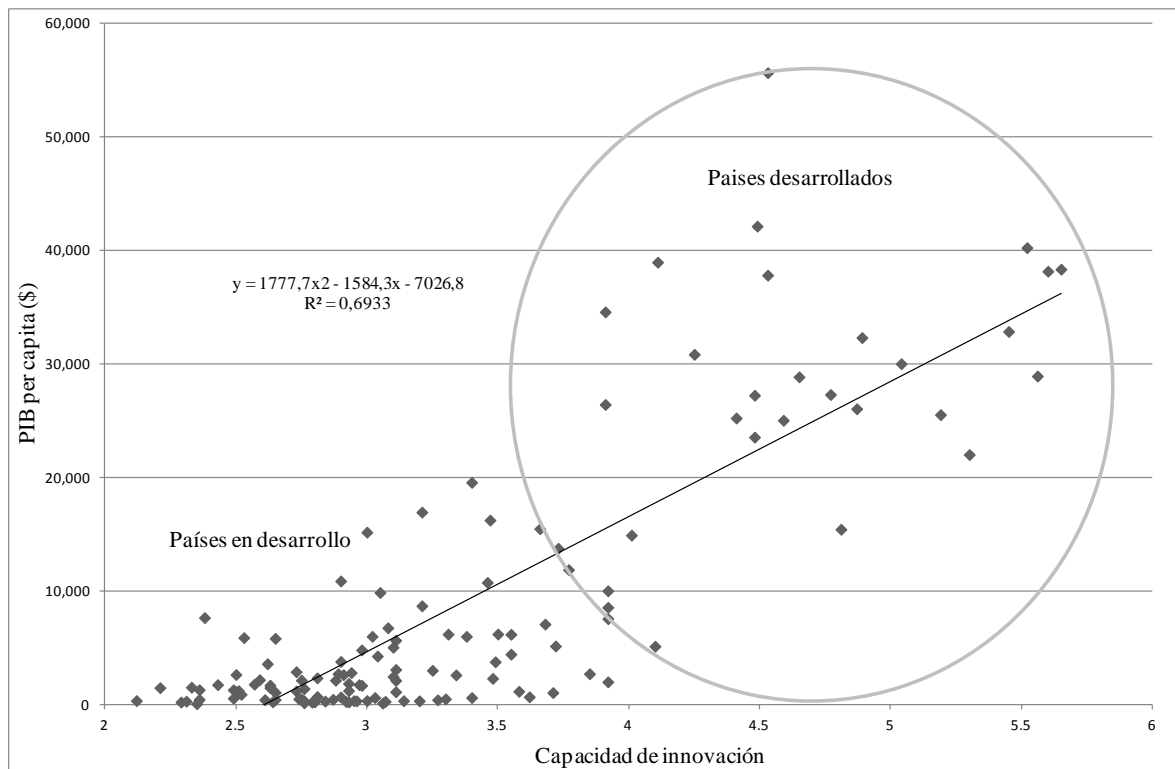
Aunque las estadísticas sobre tecnología e innovación en los PED no son abundantes —y con frecuencia resultan incompletas—, los indicadores disponibles revelan que sus capacidades tecnológicas, en la mayoría de los casos, son muy inferiores a las de los países desarrollados. Un simple mapeo de las “capacidades de innovación tecnológica” de acuerdo con el indicador sintético elaborado por el World Economic Forum (WEF) revela la existencia de una clara brecha tecnológica entre el mundo desarrollado (y tecnológicamente avanzado) y el mundo en desarrollo (y tecnológicamente atrasado) (**Gráfico 2.1 y Mapa 2.1**)<sup>8</sup>. Así, para los 139 países que incluye el Global Competitiveness Report 2010-2011 —de los cuales 101 son PED—, tan sólo 20 se ubican en el grupo de economías con elevadas capacidades de innovación tecnológica (todas ellas de ingreso alto, lideradas por EEUU y Finlandia); en cambio, 40 países se ubican en el grupo de capacidades medias (liderados por China, Túnez y Brasil) y la mayoría de los países (79)

---

<sup>8</sup> Véase WEF (2010). El índice de capacidad de innovación se elabora a partir de información obtenida por medio de encuestas y de datos publicados por distintos organismos oficiales. El índice evalúa la calidad de las instituciones, la inversión en I+D+i, las colaboraciones en I+D+i entre universidades y empresas, la adquisición por parte del gobierno de tecnología avanzada, la disponibilidad de científicos e ingenieros, la generación de patentes y la protección de la propiedad industrial. El índice está normalizado y toma valores entre 1 y 7.

están en el grupo de capacidades más bajas. Como consecuencia de esta estratificación del mundo en tres grupos de países, solamente el 13% de la población mundial vive en sociedades con elevadas capacidades de innovación (y, consiguientemente, con mayores oportunidades de adaptar las tecnologías a sus necesidades nacionales de desarrollo); mientras, el grueso de la población mundial (57%) vive en países “seguidores” con capacidades medias de innovación (entre los que se encuentran China e India) y el 30% de la población vive al margen del proceso de innovación.

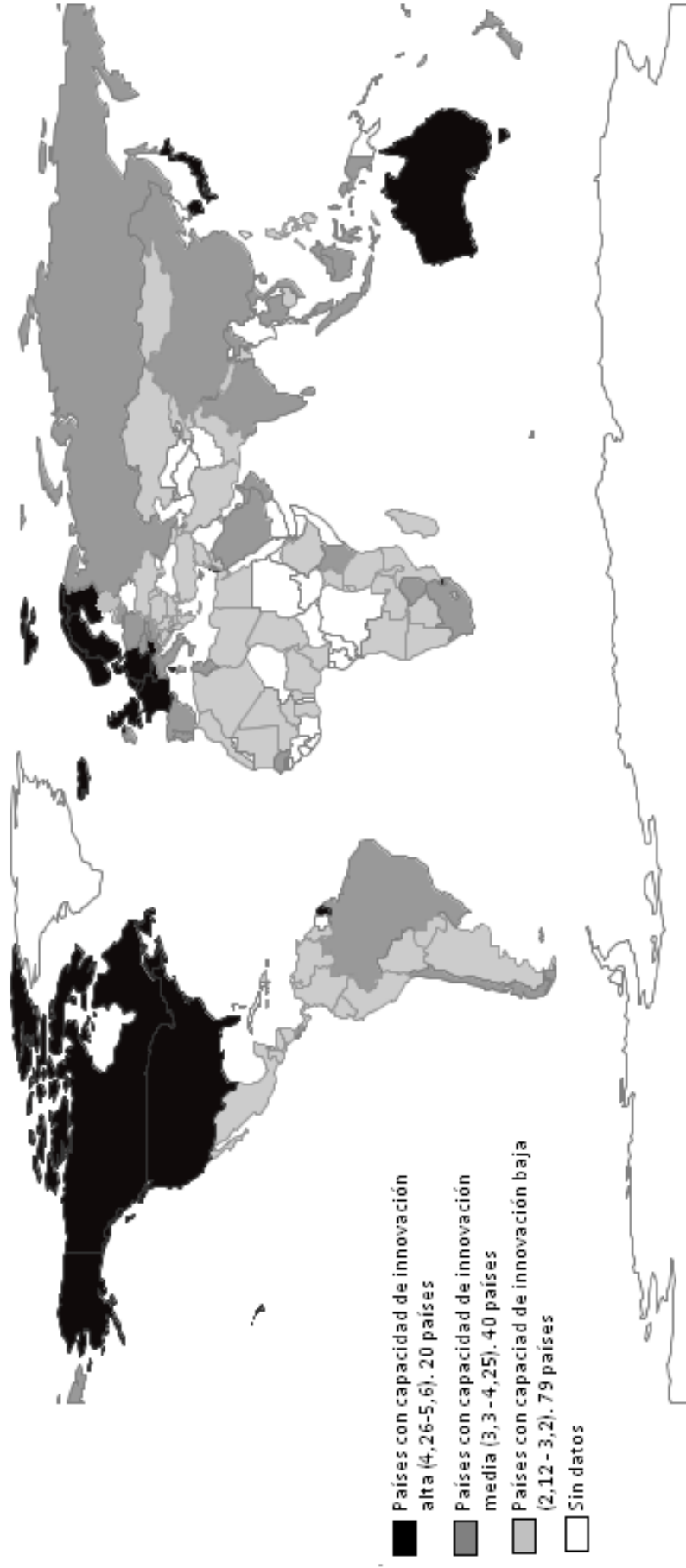
**Gráfico 2.1.** Nivel de desarrollo económico versus capacidad de innovación



Regresión lineal estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Fuente: elaboración propia con datos de WEF (2010) y Banco Mundial (2011).

**Mapa 2.1.** Capacidades de innovación tecnológica en el mundo



Los intervalos de capacidades de innovación tecnológica se han creado mediante el método de Jenks.

*Fuente:* elaboración propia a partir del indicador de capacidades de innovación tecnológica del WEF (2010)

De manera análoga, el Índice de Adelanto Tecnológico (IAT) del PNUD confirma la existencia de formidables disparidades entre países<sup>9</sup>. El PNUD agrupa los países analizados en cuatro categorías distintas: líderes (IAT > 0,5), líderes potenciales (IAT entre 0,35 y 0,49), seguidores dinámicos (IAT entre 0,2 y 0,34) y marginados (IAT < 0,2) (**Cuadro 2.1**). Los líderes son aquellos países (todos ellos de ingreso alto) que se encuentran en la vanguardia de la innovación tecnológica y aportan logros relevantes en materia de creación y difusión de conocimientos especializados en materia de tecnología. Los líderes potenciales se caracterizan por haber realizado inversiones en conocimientos especializados y divulgado ampliamente viejas tecnologías, pero realizado pocas innovaciones; se trata mayoritariamente de economías de ingreso alto y unos pocos países de renta media-alta. Seguidores dinámicos son países emergentes que hacen un uso frecuente de las nuevas tecnologías, y que poseen conocimientos superiores al cuarto grupo. Por último, los marginados son los PED más rezagados en el proceso de difusión y creación de tecnología y conocimiento. Como resultado, la distribución de las capacidades tecnológicas mundiales discurre entre el 0,744 registrado en Finlandia y el 0,066 de Mozambique.

---

<sup>9</sup> El IAT mide la capacidad de creación y difusión de tecnología y el fomento de aptitudes humanas en relación con las nuevas tecnologías (PNUD, 2001). El índice toma valores entre 0 y 1, incluye 72 países (de los cuales únicamente 38 son PED) y evalúa cuatro aspectos concretos del proceso mundial de innovación:

1. Creación de tecnología: número de patentes *per capita* otorgadas a los residentes e ingresos *per capita* recibidos del exterior por concepto de derechos de patentes y licencias.
2. Difusión de innovaciones recientes: número de sitios de Internet *per capita*, y proporción de exportaciones de alta y media tecnología en comparación con el total de las exportaciones de bienes.
3. Difusión de innovaciones anteriores: número de teléfonos (fijos y móviles) *per capita* y consumo de electricidad *per capita*.
4. Aptitudes humanas: promedio de años de escolaridad de la población de cinco y más años y tasa bruta de matriculación en asignaturas científicas en educación terciaria.

**Cuadro 2.1.** Grupos de países según el Índice de Adelanto Tecnológico

Líderes	Finlandia, Estados Unidos, Suecia, Japón, Corea, Países Bajos, Reino Unido, Canadá, Australia, Singapur, Alemania, Noruega, Irlanda, Bélgica, Nueva Zelanda, Austria, Francia, Israel.
Líderes potenciales	España, Italia, República Checa, Hungría, Eslovenia, Hong Kong, Eslovaquia, Grecia, Portugal, Bulgaria, Polonia, Malasia, Croacia, México, Chipre, Argentina, Rumania, Costa Rica, Chile.
Seguidores dinámicos	Uruguay, Sudáfrica, Tailandia, Trinidad y Tobago, Panamá, Brasil, Filipinas, China, Bolivia, Colombia, Perú, Jamaica, Irán, Túnez, Paraguay, Ecuador, El Salvador, Rep. Dominicana, Rep. Árabe Siria, Egipto, Argelia, Zimbabue, Indonesia, Honduras, Sri Lanka, India.
Marginados	Nicaragua, Pakistán, Senegal, Ghana, Kenia, Nepal, Tanzania, Sudán, Mozambique.

Fuente: PNUD (2001)

### 2.3. Cooperación científico-tecnológica para el desarrollo internacional: concepto, objetivos, actores y sectores de destino

La información antes ofrecida justifica la existencia de políticas de cooperación internacional para el desarrollo que traten de cerrar las brechas de innovación y conocimiento existentes en la sociedad mundial. Dado que el avance de los PED en materia de ciencia y tecnología requiere mejorar los SNI de cada país, en este reto internacional las *políticas de cooperación CT* pueden constituir un complemento apropiado para crear SNI sólidos, sensibles a las necesidades particulares de desarrollo de cada país y que permitan ampliar las capacidades de innovación de los PED (públicas y privadas, institucionales e individuales).

La relevancia de la ciencia y la tecnología para el proceso de desarrollo humano y para las políticas de cooperación fue enfatizada en 2005, en la *Cumbre del Milenio+5* de NNUU, donde se resaltó su importancia para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Dicha importancia no reside sólo en el hecho de que la ciencia y la tecnología son “objetivos transversales” de la estrategia ODM (puesto que es preciso atraer, utilizar y, sobre todo, aplicar tecnologías ya existentes al servicio del desarrollo humano), sino también porque es necesario generar nuevos conocimientos para solucionar los problemas específicos que afligen al mundo en desarrollo (Sachs, 2005). Para lograr estos objetivos se requiere tanto ampliar la financiación (nacional e internacional) en

ciencia y tecnología, como mejorar las políticas y las instituciones responsables del desarrollo científico-tecnológico. En esta materia, el Informe del Proyecto del Milenio de NNUU (2005) señaló cuatro ámbitos prioritarios para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los PED: i) ampliar el acceso a la educación científica-tecnológica y a la investigación; ii) promover las oportunidades de negocios en ciencia y tecnología; iii) promover el desarrollo de infraestructuras como proceso de aprendizaje tecnológico (puesto que la capacidad para asimilar, utilizar eficientemente y crear tecnología depende no sólo de las decisiones internas de cada país y de su grado de competencia, sino también del nivel y la capacidad de su infraestructura tecnológica); y iv) mejorar el asesoramiento científico.

En términos generales, las *políticas internacionales de cooperación CT para el desarrollo* consisten en un conjunto de actividades que pretenden promover el progreso tecnológico, científico e innovador de los PED. Nueve son los objetivos principales que se persiguen (**Cuadro 2.2**)<sup>10</sup>: i) crear SNI sólidos en los PED; ii) transferir el conocimiento y la tecnología, y ponerlos al servicio de las necesidades del desarrollo humano de cada país; iii) formar y capacitar recursos humanos en materia científico-tecnológica; iv) facilitar la movilidad internacional de los investigadores; v) facilitar el aprendizaje tecnológico; vi) crear infraestructuras y capacidades institucionales de I+D+i; vii) sensibilizar al conjunto de la sociedad sobre la relevancia de la ciencia, la tecnología y la innovación; viii) satisfacer las demandas nacionales de innovación de cada PED, para contribuir a eliminar los principales cuellos de botella del desarrollo, aportando soluciones específicas a los problemas que afectan directamente a las necesidades socio-económicas (por ejemplo, en materia de salud, vivienda, educación, servicios públicos y medio ambiente); y ix) recuperar conocimientos tecnológicos locales.

Según Álvarez y Magaña (2007) existen dos espacios en la cooperación CT. Por un lado, la cooperación científica, la cual, entre sus actividades, se pueden destacar el desarrollo de programas formativos en educación superior y promocionar instrumentos de colaboración entre científicos, tecnólogos e infraestructuras de los países desarrollados y en desarrollo, pero sobre todo reforzar el papel de las universidades. El otro ámbito de actuación sería la

---

<sup>10</sup> Véase una clasificación distinta de objetivos, actores e instrumentos de la cooperación CT en Sebastián y Benavides (2007).

cooperación tecnológica, que promociona la búsqueda de nuevos socios, facilitando así la transferencia internacional de tecnología, siendo fundamental el fomento del uso de las TIC ya que posibilitan el desarrollo económico y social de los países más atrasados.

**Cuadro 2.2.** Características de las políticas internacionales de cooperación CT para el desarrollo

<b>Objetivos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear SNI sólidos</li> <li>2. Transferir conocimiento y tecnología</li> <li>3. Formar y capacitar de recursos humanos</li> <li>4. Facilitar la movilidad de investigadores</li> <li>5. Facilitar el aprendizaje tecnológico</li> <li>6. Crear infraestructuras de I+D+i</li> <li>7. Sensibilizar al conjunto de la sociedad sobre la relevancia de la ciencia, la tecnología y la innovación</li> <li>8. Satisfacer las demandas nacionales de innovación</li> <li>9. Recuperar conocimientos tecnológicos locales</li> </ol>
<b>Actores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gobiernos</li> <li>2. Organismos multilaterales</li> <li>3. Universidades y centros de investigación</li> <li>4. Organismos nacionales de I+D+i</li> <li>5. Empresas</li> <li>6. ONGD</li> </ol>
<b>Modalidades de ayudas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ayudas para la investigación y el desarrollo tecnológico (agrícola, forestal, pesquera, educativa, sanitaria, energética y medioambiental).</li> <li>2. Ayudas para la adquisición de competencias avanzadas y específicas (formación profesional, enseñanza superior, fomento de capacidades estadísticas, extensión agraria y varios tipos de enseñanza y formación referida a sectores sociales, productivos y comerciales).</li> </ol>

Fuente: elaboración propia

Múltiples actores participan en las políticas de cooperación CT (véase, de nuevo, **Cuadro 2.2**), entre los que destacan los gobiernos (de los países socios y de los países donantes), los organismos internacionales especializados (como UNESCO, UNCTAD y OMPI), las universidades y los centros de investigación, los organismos nacionales de I+D+i, y algunas empresas y ONGD<sup>11</sup>. Entre estos actores, resulta especialmente relevante la actuación de las empresas, aunque su labor sería más fructífera si interactuaran con otros actores presentes en el entorno de innovación. Más concretamente –según la UNCTAD

<sup>11</sup> Para un análisis de las iniciativas de cooperación público-privadas en materia de innovación, véase el reciente informe de Fundación Carolina (2011).



(2007)–, las políticas públicas de los PED en ciencia y tecnología deben enfocarse principalmente en incorporar tecnologías externas que faciliten el “aprendizaje tecnológico” y realizar transformaciones en la economía, en el sistema productivo y en la sociedad que permitan aumentar la productividad total de los factores, mejorar la calidad y cantidad de los productos, reducir los costes de producción y abrir nuevos mercados.

Respecto a los sectores de destino de la cooperación CT, UNCTAD (2007) identifica 28 sectores (empleando la clasificación utilizada por el CAD) que se integran en dos modalidades principales de ayudas (**Cuadros 2.2 y 2.3**): ayudas para la investigación y el desarrollo tecnológico (agrícola, forestal, pesquera, educativa, sanitaria, energética y medioambiental) y ayudas para la adquisición de competencias avanzadas y específicas (formación profesional, enseñanza superior, fomento de capacidades estadísticas, extensión agraria y varios tipos de enseñanza y formación referida a sectores sociales, productivos y comerciales). Esta clasificación engloba, por tanto, las iniciativas de cooperación orientadas al desarrollo de competencias avanzadas de los recursos humanos y a la creación de infraestructura institucional para la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

**Cuadro 2.3.** Sectores de destino de la cooperación CT

Código	Descripción	Definición
<b>Investigación</b>		
11182	Investigación sobre educación	Investigación y estudios sobre la efectividad, la pertinencia y la calidad de la enseñanza; evaluación y observación sistemáticas
12182	Investigación médica	Investigación médica general (no incluye la investigación sobre salud básica)
23082	Investigación energética	Incluye inventarios y estudios generales
31182	Investigación agrícola	Incluye la fitogenética, la fisiología, los recursos genéticos, la ecología, la taxonomía, el control de enfermedades y la biotecnología agrícola
31282	Investigación forestal	Incluye la regeneración artificial, el mejoramiento genético, los métodos de producción, los fertilizantes y la cosecha
31382	Investigación pesquera	Programas piloto de piscicultura; investigación biológica marina y de agua dulce
32182	Investigación y desarrollo tecnológicos	Incluye las normas industriales, la gestión de la calidad, la metrología, las pruebas, la acreditación y la certificación

Código	Descripción	Definición
41082	Investigación ambiental	Incluye la creación de bases de datos, inventarios/informes relativos a los recursos físicos y naturales, perfiles ambientales y estudios de impacto no referidos a ningún sector en particular
43082	Instituciones científicas y de investigación	Cuando no se puede determinar el sector
11330	Formación profesional	Formación profesional elemental y enseñanza secundaria de tipo técnico, capacitación en el empleo, aprendizajes, incluida la formación profesional informal
11420	Enseñanza superior	Programas de licenciatura y diplomatura en universidades, escuelas superiores y escuelas politécnicas; becas
11430	Formación técnica y de gestión avanzada	Programas de formación profesional especializada y capacitación durante el servicio
12181	Educación y formación médica	Educación y capacitación médica para la prestación de servicios de nivel terciario
12261	Educación sobre salud	Información, educación y capacitación de la población para mejorar el conocimiento y las prácticas en materia de salud; campañas de salud pública y sensibilización al respecto
12281	Perfeccionamiento del personal de salud	Capacitación de personal sanitario para los servicios básicos de salud
13081	Formación de personal en asuntos de población y salud reproductiva	Educación y capacitación de personal sanitario para prestar servicios en materia de población y salud reproductiva
14081	Educación y capacitación sobre suministro de agua y saneamiento	
16062	Fomento de la capacidad estadística	En oficinas nacionales de estadística y otros ministerios
21081	Educación y capacitación sobre transporte y almacenamiento	
23081	Educación y capacitación sobre energía	Se refiere a todos los subsectores de la energía y a todos los niveles de capacitación
24081	Educación y capacitación sobre servicios bancarios y	
31181	Educación y capacitación sobre agricultura	
31166	Extensión agraria	Capacitación agrícola no formal
31281	Educación y capacitación forestal	
31381	Educación y capacitación pesquera	
33181	Educación y capacitación comercial	Desarrollo de recursos humanos para el comercio que no esté incluido en ninguno de los códigos anteriores. Comprende programas universitarios de comercio
41081	Educación y capacitación sobre medio ambiente	
43081	Educación y capacitación multisectorial	Incluye las becas

Fuente: UNCTAD (2007), utilizando la clasificación sectorial del CAD.

Finalmente, Farley (2007) propone una clasificación de las políticas de cooperación CT atendiendo a sus orientaciones. Cuatro son las principales (**Cuadro 2.4**): i) iniciativas que persiguen fortalecer los bienes públicos mundiales o regionales; ii) iniciativas para mejorar las capacidades nacionales en ciencia, tecnología e innovación (sectoriales, sub-nacionales o nacionales); iii) iniciativas basadas en vínculos, donde las actividades y proyectos financiados por los donantes se centran en fomentar redes de conocimiento mundiales y regionales; e iv) iniciativas integradas, cuyo objetivo es fortalecer los SNI o integrar las múltiples facetas de las tres orientaciones anteriores para fomentar la cooperación en ciencia y tecnología.

**Cuadro 2.4.** Orientaciones principales de las políticas de cooperación en ciencia y tecnología

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Iniciativas para los bienes públicos mundiales o regionales	Iniciativas para mejorar la capacidad nacional en ciencia, tecnología e innovación (sectoriales, sub-nacionales o nacionales)	Iniciativas basadas en vínculos	Iniciativas integradas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo a la investigación para los bienes públicos mundiales o regionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo en universidades de disciplinas en campos de ciencia, tecnología e innovación</li> <li>- Educación y formación técnica y profesional</li> <li>- Mejora de competencias en determinados sectores mediante cursos universitarios y de posgrado</li> <li>- Mejora de la productividad en el sector privado mediante la tecnología y el perfeccionamiento de competencias</li> <li>- Investigación y desarrollo</li> <li>- Centros de excelencia</li> <li>- Adopción de decisiones y establecimiento de prioridades en materia de ciencia, tecnología e innovación.</li> <li>- Ciencias y matemáticas en escuelas primarias y secundarias, incluida la formación de maestros</li> <li>- Infraestructura y equipo de ciencia, tecnología e innovación.</li> <li>- Tecnologías de la información y las comunicaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciativas basadas en vínculos Norte-Sur</li> <li>- Iniciativas basadas en vínculos Sur-Sur</li> <li>- Vínculos Norte-Norte-Sur para el alineamiento de políticas</li> <li>- Iniciativas basadas en vínculos sectoriales e intersectoriales</li> <li>- Vinculación de personas o instituciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciativas relacionadas con los sistemas nacionales de innovación</li> <li>- Iniciativas de innovación integradas</li> </ul>

Fuente: Farley (2007)

## 2.4. Ayuda oficial al desarrollo científico-tecnológica: recursos, tendencia y distribución geográfica y sectorial

Dentro de las iniciativas de cooperación CT, las políticas públicas que financian los países donantes de la OCDE (la denominada Ayuda Oficial al Desarrollo, AOD) son las que ofrecen información más completa sobre las actividades, países y sectores de actuación. Por ello, en esta sección se analizan los flujos de AOD-CT (utilizando la clasificación sectorial propuesta por UNCTAD, 2007) canalizados a los PED en el periodo 1998-2008. Para ello se emplea la base de datos CRS (*Creditor Reporting System*) del CAD (2011b), que incluye a los 23 países donantes de la OCDE y al conjunto de organismos multilaterales de desarrollo. Concretamente, en el presente análisis se utilizan los compromisos de AOD por tratarse de la información más completa y rigurosa que ofrece el CAD<sup>12</sup>.

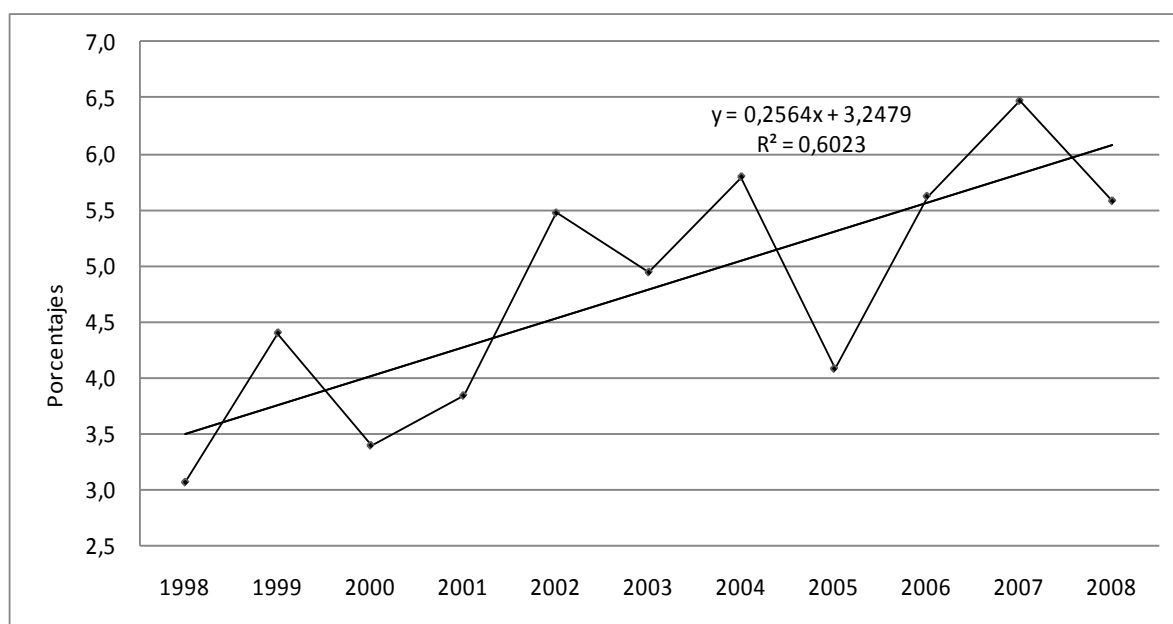
Pues bien, las políticas de cooperación CT han cobrado mayor protagonismo en el sistema de ayuda desde 1998. Así, la participación de la AOD-CT en el presupuesto global de AOD ha aumentado desde el limitado 3,1% registrado en 1998, hasta el 5,6% de 2008 (habiéndose alcanzado el máximo del 6,5% un año antes)<sup>13</sup>. Sin embargo —cabe alerta— la evolución de los recursos muestra una excesiva volatilidad (especialmente desde 2003), que puede afectar negativamente a la eficacia macroeconómica de las intervenciones, lo que revela la existencia de problemas tanto de coordinación entre los financiadores, como

<sup>12</sup> La cuantía de la ayuda se puede expresar en función de los *compromisos* asumidos por el donante o de los *desembolsos* (netos o brutos) finalmente realizados; los compromisos se definen como una “obligación firme, expresada por escrito y respaldada por los fondos necesarios” (CAD, 2011a), mientras que los desembolsos son los “registros reales de la transferencia internacional de recursos financieros”. Las diferencias entre desembolsos y compromisos de ayuda se deben a los embotellamientos, las demoras administrativas y a la falta de realismo de las promesas de los donantes, así como a las limitaciones de la capacidad de absorción de los beneficiarios (Roodman, 2006). En todo caso, el CAD no recomienda utilizar la información que facilita la base de datos CRS sobre los desembolsos de ayuda anteriores al año 2002, debido a su escasa cobertura, inferior al 60% de las actividades de AOD. A partir de este año la cobertura asciende al 90% y alcanza el 100% a partir del año 2007. En cambio, la cobertura de la información sobre compromisos es muy superior: del 70% en 1995, del 90% en 2000 y del 100% a partir de 2003.

<sup>13</sup> La notable caída en la AOD-CT de 2005 es, en parte, consecuencia del “desplazamiento” de los recursos de ayuda que se produjo en ese año hacia las macro-operaciones de alivio de la deuda practicadas a Iraq y Nigeria.

de planificación temporal de las intervenciones (**Gráfico 2.2**)<sup>14</sup>. Asimismo, las percepciones de AOD-CT *per capita* siguen una evolución pareja, multiplicándose por cinco hasta alcanzar los 1,56 dólares por persona en 2008 (**Gráfico 2.3**).

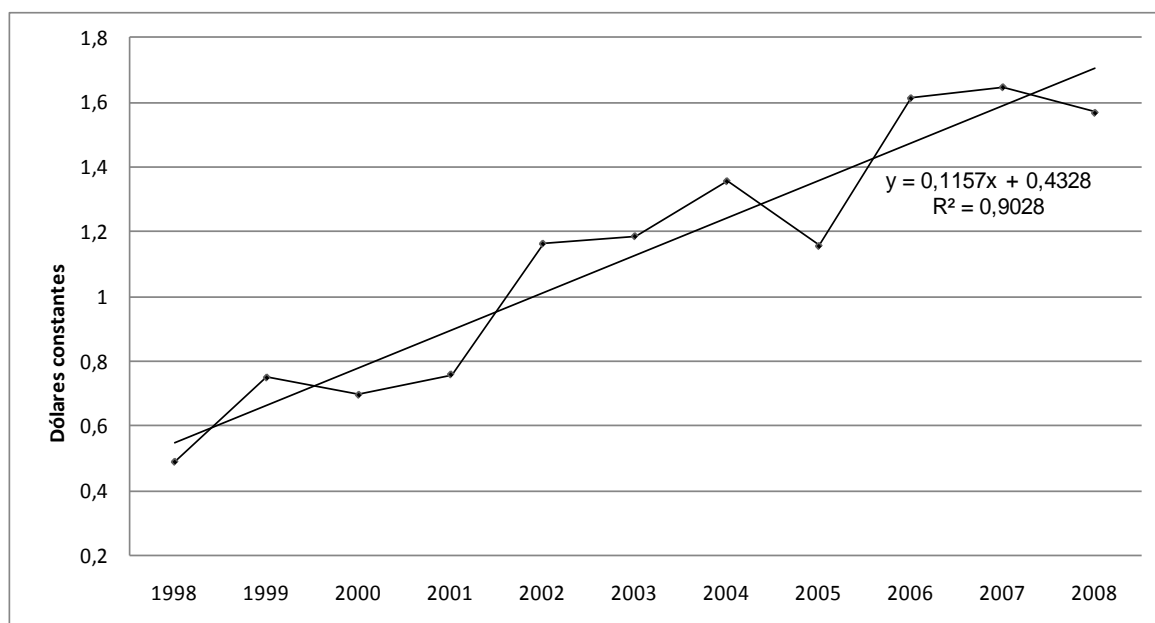
**Gráfico 2.2.** Evolución de la participación de la AOD-CT en la AOD global (%)



Regresión lineal estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del CAD (2011c)

<sup>14</sup> La volatilidad de la ayuda (las variaciones repentinas de año en año) puede generar efectos macroeconómicos perversos para las economías receptoras, tales como la amplificación de los ciclos económicos recesivos, la distorsión de las decisiones de inversión, la dislocación del comportamiento fiscal de los gobiernos socios y la generación de fluctuaciones en los tipos de cambio (“síndrome holandés”) (Tezanos, 2010).

**Gráfico 2.3.** Evolución de la AOD-CT *per capita* global (\$ constantes)

Regresión lineal estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del CAD (2011c)

En términos agregados, la AOD-CT representó un 5,45% de los recursos de AOD canalizados a los PED en el cuatrienio 2005-2008 (véase columna 1 del **Cuadro 2.5**). No obstante, existen importantes disparidades por regiones, siendo Oceanía el continente en el que más importancia tiene la AOD-CT (casi uno de cada 10 dólares de AOD se destinaron a esta partida). África, en cambio, es el continente en el que menos peso reciben este tipo de políticas (4,6%) —y ello a pesar del hecho de que los países africanos son los menos avanzados tecnológicamente, como se vio en el epígrafe anterior—. Por sub-regiones, el norte de África tiene las mayores proporciones (14,5%), seguido del este de Asia (9,9%); en cambio, las participaciones de la AOD-CT son inferiores al 4% en Oriente Medio, el centro y el sur de Asia y África Subsahariana.

**Cuadro 2.5.** AOD-CT. 2005-2008 (%)

	AOD-CTi / AODi (%)	AOD-CTi / $\Sigma_i$ AOD-CT (%)	AOD-CTi / Población (\$)	$\Sigma_i$ AOD-CT / $\Sigma_i$ PNB (%)
Total	5,45		5,36	0,06
África	4,62	30,86	9,15	0,19
Norte de África	14,46	8,57	15,25	0,15
África Subsahariana	3,56	21,03	7,48	0,20
África, regional	6,91	1,26		
América	6,79	8,54	4,40	0,02
Centro y Norte de América	4,90	3,02	4,82	0,02
América del Sur	8,53	4,71	3,58	0,02
América, regional	8,98	0,81		
Asia	4,89	32,76	2,57	0,04
Este de Asia	9,95	17,12	2,67	0,03
Centro y Sur de Asia	3,43	9,24	1,62	0,05
Asia-Oriente Medio	2,39	5,24	8,15	0,05
Asia, regional	12,22	1,17		
Europa	8,24	6,69	12,48	0,05
Oceanía	9,32	1,87	62,15	1,17
PED sin especificar	7,19	19,28		

Cálculos realizados sobre los compromisos acumulados de AOD-CT entre 2005 y 2008 (dólares constantes de 2008).

- (1) Ratio entre la AOD-CT recibida por la región *i* y la AOD total recibida por dicha región.
- (2) Ratio entre la AOD-CT recibida por la región *i* y la AOD-CT recibida por el conjunto de PED.
- (3) AOD-CT *per capita* recibida por la región *i* en el cuatrienio 2005-08.
- (4) Ratio entre AOD-CT recibida por la región *i* en el cuatrienio 2005-08 y el PNB agregado de la región *i* en el cuatrienio 2005-08.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del CAD (2011c).

Atendiendo al reparto del presupuesto mundial de la AOD-CT entre las distintas regiones en desarrollo (véase columna 2 del **Cuadro 2.5**), Asia y África reciben, cada una, casi uno de cada tres dólares de estas ayudas (en consonancia con sus posiciones como principales receptoras de AOD del mundo). Por sub-regiones, África Subsahariana se ubica como la primera receptora (21%).

En términos *per capita* (tercera columna del **Cuadro 2.5**), los recursos de AOD-CT han supuesto, para el cuatrienio 2005-2008, una percepción de poco más de cinco dólares por persona en el conjunto de los PED. De nuevo, la distribución de los recursos por regiones revela importantes disparidades, así como la existencia de un marcado sesgo a favor de las

regiones menos pobladas. De este modo, mientras Oceanía recibe más de 62 dólares por persona, los demás continentes reciben cantidades inferiores a los 13 dólares (y especialmente bajas son las percepciones de la población más numerosa del Planeta, los asiáticos).

Por otra parte, la aportación de la AOD-CT al PNB del mundo en desarrollo es relativamente limitada (véase cuarta columna del **Cuadro 2.5**), suponiendo aproximadamente el 0,06%. Así, en todas las regiones la ratio AOD-CT/PNB es inferior al 0,2% (salvo para Oceanía, donde se confirma un sesgo a favor de las regiones menos pobladas). Por sub-regiones, África Subsahariana y el norte de África (con ratios del 0,2% y del 0,15% respetivamente) se ubican muy por delante del resto de áreas, siendo marcadamente reducida la participación de la AOD-CT en el PNB de las diferentes regiones americanas y asiáticas.

Más allá del mero reparto geográfico de la AOD-CT por regiones, resulta especialmente relevante valorar si estas ayudas se distribuyen de manera “redistributiva” entre los PED, apoyando más que proporcionalmente a los países más rezagados en ciencia y tecnología y contribuyendo a cerrar la brecha tecnológica existente entre los propios PED. Pues bien, en términos generales, la distribución de estas ayudas resulta moderadamente progresiva, en tanto que los PED menos adelantados tecnológicamente tienden a recibir más recursos. Así, el coeficiente de correlación de Spearman revela una asociación negativa, y estadísticamente significativa, entre el indicador de innovación elaborado por el WEF y las percepciones de AOD-CT de cada país (**Cuadro 2.6**). Análogos resultados se obtienen con el indicador de I+D+i.

**Cuadro 2.6.** Coeficientes correlación de Spearman entre AOD-CT e innovación

	Rho	Estadístico <i>t</i>	<i>p</i> -valor
<b>Indicador WEF</b>	-0,324	-15,3626682	0,01
<b>I+D/PIB</b>	-0,327	-11,1048518	0,01

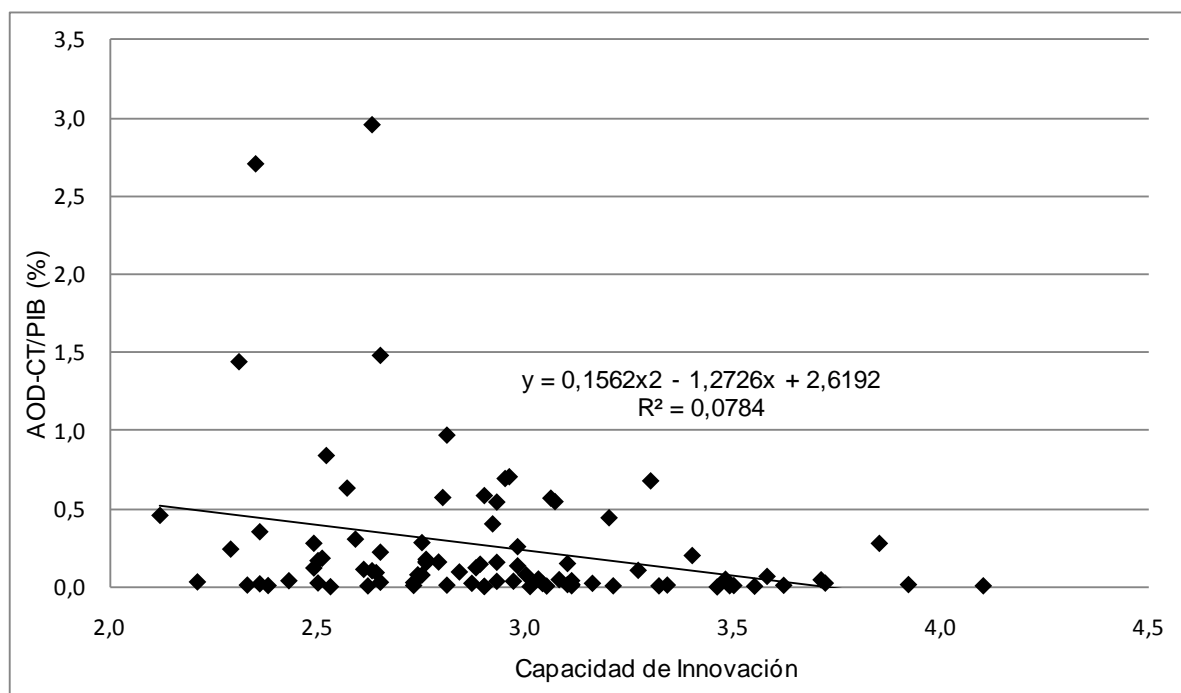
La muestra incluye 89 PED para el indicador WEF (2010) y 65 para la I+D+i (Banco Mundial, 2011).

No obstante, a pesar de que la relación entre la percepción de AOD-CT y la inversión en I+D+i resulta, en términos agregados, inversamente proporcional, existe una notable



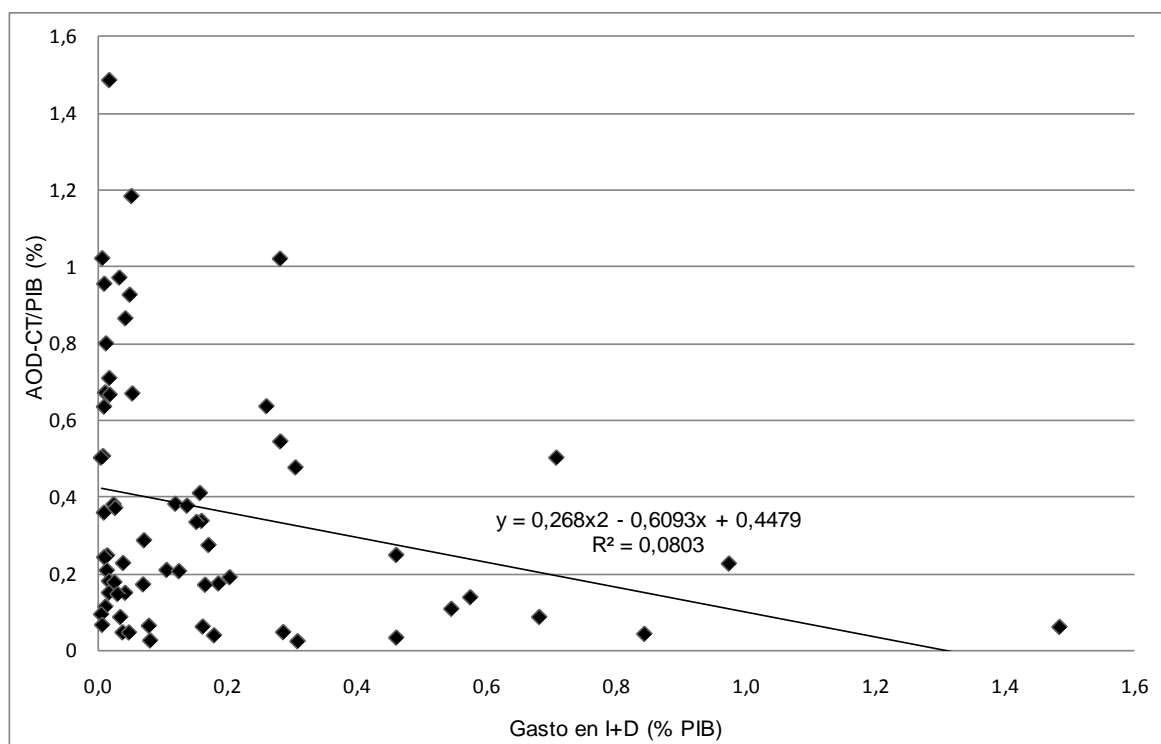
dispersión en la distribución de las observaciones (véanse los coeficientes de correlación  $R^2$  insertos en los **Gráficos 2.4 y 2.5**). Así, existen numerosos datos atípicos que incumplen esta regla general; se trata de países con bajas capacidades de innovación y escasas percepciones de AOD-CT, entre los que destacan los casos de Paraguay, Guatemala, Perú y Filipinas, que se encuentran seriamente infra-asignados (**Gráfico 2.4**).

**Gráfico 2.4.** AOD-CT/PIB *versus* capacidades de innovación



Regresión lineal estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Fuente: elaboración propia con datos de CAD (2011c) y WEF (2010).

**Gráfico 2.5.** AOD-CT/PIB *versus* inversión en I+D+i

Regresión lineal estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Fuente: elaboración propia con datos de CAD (2011c) y Banco Mundial (2011).

De manera más precisa, dos indicadores especialmente útiles para valorar el grado de “progresividad” en la distribución geográfica de unos recursos públicos —como es la AOD-CT— son las *curvas de concentración relativa* y los *índices de Suits*<sup>15</sup>. De acuerdo con este análisis, el *mapamundi* de la AOD-CT se considera redistributivo siempre y cuando facilite más ayuda a los PED menos adelantados tecnológicamente. Consiguientemente, un mapa de asignación progresivo contribuye a reducir las desigualdades internacionales existentes en términos de capacidades de innovación por medio de una distribución progresiva de la AOD-CT —siempre y cuando dichas ayudas se demuestren eficaces.

Leyendo de izquierda a derecha en el **Gráfico 2.6** se ubican los países receptores de AOD-CT ordenados ascendentemente según sus capacidades tecnológicas (de acuerdo con el *ranking* publicado por el WEF). Cada segmento de la curva se corresponde con un país,

<sup>15</sup> Véase Tezanos (2008b, cap. 3) para una explicación detallada de los aspectos metodológicos de estos indicadores.

siendo la longitud de los mismos proporcional a la participación de cada uno en la población muestral (es decir, la población del conjunto de PED analizados). Más concretamente, la distancia vertical de cada segmento representa la participación de un país en la AOD-CT bilateral y multilateral agregada, y la distancia horizontal representa su participación en la población muestral. Por lo tanto, en el caso de asignaciones con un claro enfoque “progresivo” de desarrollo científico —es decir, donde la ayuda se destina prioritariamente a los países con menos capacidades de innovación—, la curva de concentración adoptará inicialmente una pendiente positiva y mayor de 45 grados, discuriendo por encima de la diagonal; posteriormente, la pendiente de la curva tenderá progresivamente a cero a medida que avanza hacia las últimas posiciones de la lista —es decir, hacia los países relativamente más innovadores—. Por su parte, el índice de Suits asigna un valor numérico a la distribución de la curva de concentración, tomando valores en el intervalo entre  $-1$  (cuando toda la ayuda se destina al país relativamente menos innovador) y  $+1$  (cuando toda la ayuda se destina al receptor más innovador)<sup>16</sup>.

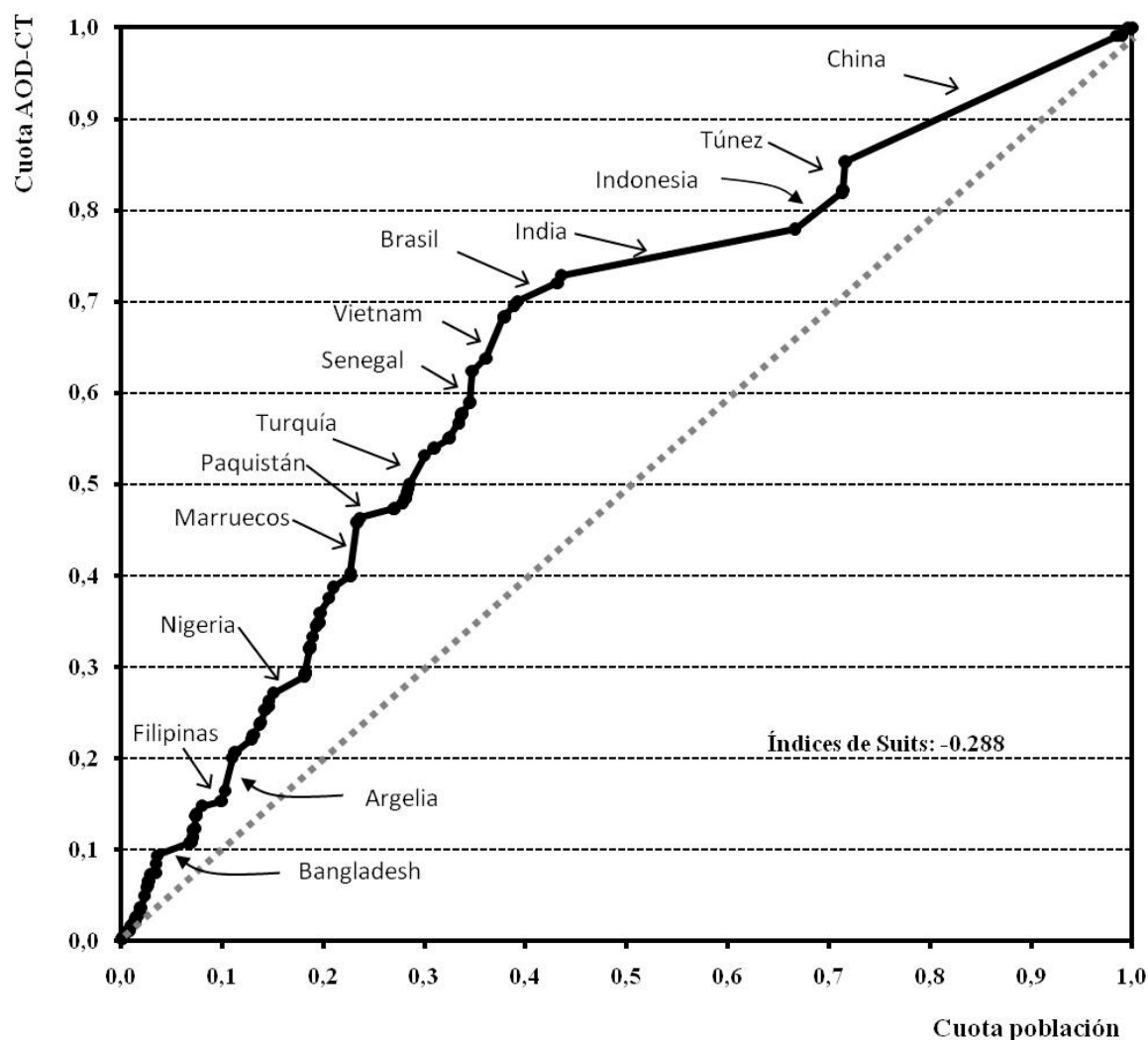
Pues bien, la asignación de la AOD-CT entre los PED ha sido moderadamente progresiva en el periodo 2005-08, tal y como refleja el índice de Suits obtenido (con un valor  $-0,288$ ). La curva de concentración de la AOD-CT discurre en su primer tramo ligeramente por encima de la diagonal, puesto que los países con menores capacidades tecnológicas reciben cuotas de ayuda superiores a sus participaciones en la población muestral (este es el caso de Argelia, Marruecos, Senegal y Vietnam). Asimismo, las curvas se tornan más horizontales en la segunda mitad del gráfico, donde se ubican los PED con mayores capacidades tecnológicas, que reciben cuotas de AOD-CT menores que sus cuotas de participación en la población muestral (como Brasil, India, Indonesia y China). En todo caso debe advertirse que, aunque globalmente la asignación de la AOD-CT resulta progresiva, existen países “infra-asignados” en relación con sus limitadas capacidades tecnológicas y sus elevadas participaciones poblacionales, como Bangladesh, Filipinas,

---

<sup>16</sup> Respectivamente, estas dos situaciones extremas trazarían los siguientes “segmentos” de concentración: el eje de ordenadas izquierdo ( $-1$ ); y el segmento del eje de abscisas inferior y el segmento del eje de ordenadas derecho ( $+1$ ). Si el índice toma el valor  $0$  puede corresponder tanto a una asignación directamente proporcional a la población del país receptor —discuriendo a lo largo de la diagonal del gráfico—, como a una asignación en la que un primer reparto progresivo (o regresivo) de la ayuda entre los países menos innovadores sea contrarrestado por un segundo tramo de asignación más regresivo (o progresivo) entre los países más innovadores, compensándose dichos valores en el índice de Suits.

Nigeria y Pakistán, que se encuentran seriamente infra-asignados en relación con sus rezagadas capacidades de innovación y sus relevantes participaciones en la población mundial (entre los cuatro países representan más del 11% de la población analizada).

**Gráfico 2.6.** Curva de concentración de la AOD-CT. 2005-2008



89 países analizados. Los 53 países excluidos son: Afganistán, Antigua and Barbuda, Bielorrusia, Belice, Bután, Comoras, Rep. Democrática del Congo, Rep. del Congo, Cuba, Yibuti, Dominica, Guinea Ecuatorial, Eritrea, Fiyi, Gabón, Gambia, Granada, Guinea, Guinea-Bissau, Haití, Iraq, Kiribati, Rep. Democrática de Corea, Laos, Liberia, Maldivas, Islas Marshall, Estados Fed. Micronesia, Myanmar, Níger, Rep. de Palaos, Papúa Nueva Guinea, Sao Tome y Príncipe, Arabia Saudí, Seychelles, Sierra Leona, Islas Salomón, Somalia, San Cristóbal y Nieves, St. Lucia, San Vicente y Granadinas, Sudan, Surinam, Togo, Tonga, Turkmenistán, Tuvalu, Uzbekistán, Vanuatu, Palestina, Yemen y Zimbabue.

*Fuente:* elaboración propia con datos del Banco Mundial (2011) y CAD (2011c)

Finalmente, en lo que respecta a la distribución sectorial de la AOD-CT, en el cuatrienio 2005-2008 tres cuartas partes de los recursos globales se concentraron en cuatro sectores (**Cuadro 2.7**): dos relativos a la formación de competencias avanzadas (*enseñanza superior*, con más de la mitad de los recursos, y *formación profesional*, con el 8,6%), otro relativo a la *investigación agrícola* (6,7%, constituyendo el principal ámbito de investigación financiado por los donantes) y finalmente un agregado sectorial de *educación y capacitación multisectorial* (6,2%, que incluye los programas de becas de formación avanzada). En cambio, las actividades orientadas a favorecer la innovación en las empresas (*formación técnica, gestión avanzada y capacitación comercial*) reciben una atención mucho menor. En todo caso, la distribución sectorial de los recursos sigue un patrón temporal relativamente estable, no habiendo variado apenas entre los dos cuatrienios consecutivos analizados (2001-2004 y 2005-2008), lo que confirma el interés prioritario de los donantes por financiar actividades de enseñanza superior, formación profesional, investigación agrícola y programas de becas.

**Cuadro 2.7.** Distribución sectorial de la AOD-CT. 2001- 2004 y 2005-2008

	2001-2004		2005-2008	
	Millones \$	%	Millones \$	%
Total AOD científica-tecnológica (\$)	22.416,906	100	32.052,317	100
11182: Investigación en Educación	61,332	0,274	167,901	0,524
11330: Formación Profesional	1.861,578	8,304	2.760,670	8,613
11420: Enseñanza Superior	12.902,573	57,557	16.374,523	51,087
11430: Formación técnica y gestión avanzada	941,491	4,200	614,786	1,918
12181: Educación y formación Médica	375,161	1,674	343,580	1,072
12182: Investigación Médica	489,244	2,182	1324,884	4,134
12261: Educación sobre salud	246,777	1,101	226,923	0,708
12281: Perfeccionamiento del personal sanitario	197,709	0,882	268,239	0,837
13081: Formación de personal en asuntos de población y salud reproductiva	11,473	0,051	38,730	0,121
14081: Educación y capacitación sobre suministro de agua y saneamiento	149,296	0,666	168,479	0,526
16062: Fomento de la capacidad estadística	311,350	1,389	475,183	1,483
21081: Educación y capacitación sobre transporte y almacenamiento	11,089	0,049	37,543	0,117
23081: Educación y capacitación sobre energía	55,149	0,246	111,903	0,349
23082: Investigación Energética	15,798	0,070	54,924	0,171
24081: Educación y capacitación sobre servicios bancarios y financieros	43,456	0,194	124,362	0,388
31166: Extensión Agrícola	567,920	2,533	1.201,554	3,749
31181: Educación y capacitación sobre agricultura	231,582	1,033	390,794	1,219
31182: Investigación agrícola	997,415	4,449	2.157,459	6,731

	2001-2004		2005-2008	
	Millones \$	%	Millones \$	%
31281: Educación y capacitación forestal	36,154	0,161	36,132	0,113
31282: Investigación forestal	77,754	0,347	67,609	0,211
31381: Educación y capacitación pesquera	73,293	0,327	43,814	0,137
31382: Investigación pesquera	72,453	0,323	46,199	0,144
32182: Investigación y desarrollo tecnológico	184,420	0,823	429,459	1,340
33181: Educación y capacitación comercial	33,144	0,148	89,958	0,281
41081: Educación y capacitación sobre medio ambiente	237,177	1,058	263,990	0,824
41082: Investigación ambiental	310,718	1,386	590,362	1,842
43081: Educación y capacitación multisectorial	898,165	4,007	1.996,360	6,228
43082: Instituciones científicas y de investigación	1.023,236	4,565	1.645,999	5,135

Cálculos realizados sobre los compromisos acumulados de AOD-CT en 2001-2004 y 2005-2008 (dólares constantes de 2008).

*Fuente:* elaboración propia con datos de CAD (2011c)

Esta información sectorial se complementa con los resultados del estudio realizado por Farley (2007) sobre las orientaciones de la AOD-CT de 14 donantes, que revela que la mayoría de los proyectos y programas se destinan a mejorar las capacidades nacionales de innovación (grupo 2 de acuerdo con la clasificación mostrada anteriormente en el **(Cuadro 2.4)**, seguido de los programas de apoyo para crear vínculos internacionales, norte-sur y sur-sur (grupo 3), y de las iniciativas para investigación en bienes públicos (grupo 1)<sup>17</sup>. En cambio, las iniciativas integradas (grupo 4) son minoritarias, y sólo el Banco Interamericano de Desarrollo y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo financian esta orientación.

## 2.5. Conclusiones parciales

La innovación y el acceso al conocimiento son elementos decisivos para los procesos de desarrollo económico. La globalización facilita tanto la expansión del conocimiento a escala global como su potencial impacto sobre los niveles de vida de la humanidad. No obstante, a pesar de los formidables avances logrados por el conocimiento humano, la sociedad del siglo XXI tiene aún pendiente garantizar un acceso equitativo a los beneficios

<sup>17</sup> El estudio de Farley (2007) analiza 170 iniciativas emprendidas en PED por ocho donantes bilaterales (Reino Unido, Canadá, Dinamarca, Noruega, Suecia, Suiza, EEUU y la Unión Europea), cuatro donantes multilaterales (Banco Asiático de Desarrollo, Banco Interamericano de Desarrollo, UNESCO y Banco Mundial) y dos fundaciones privadas (Carnegie Corporation y Rockefeller Foundation).

de la innovación de manera tal que se expandan las oportunidades de progreso a todos los pueblos. Así, resulta paradójico que sólo una mínima parte de los esfuerzos internacionales en ciencia y tecnología se centren en atender los retos del desarrollo humano mundial. En buena medida, este problema se debe a la desigual distribución de las capacidades de innovación entre las regiones del mundo, y al hecho de que los SNI de los PED presentan múltiples deficiencias que limitan su positivo impacto sobre los procesos de desarrollo.

Aunque desde la década de 1990 la mayoría de los PED han registrado un fuerte progreso tecnológico, existe aún una importante “brecha tecnológica” que separa a los países desarrollados de los PED. Estas desigualdades justifican el impulso de iniciativas internacionales de cooperación en el ámbito de la ciencia y la tecnología. En este contexto, las políticas internacionales de cooperación CT pretenden promover el progreso tecnológico, científico e innovador de los PED, siendo su objetivo primordial crear SNI sólidos, sensibles a las necesidades particulares de desarrollo de cada país, y que amplíen las capacidades de innovación del mundo en desarrollo. En suma, las políticas de cooperación CT apuestan por una estrategia “inclusiva” de desarrollo internacional “desde la innovación”, que pretende expandir las oportunidades de progreso de los pueblos a través de la difusión y el aprovechamiento del conocimiento.

Concretamente, el análisis estadístico realizado sobre los flujos de AOD-CT canalizados por los países del CAD y los organismos multilaterales de desarrollo arroja los siguientes siete resultados principales:

1. Desde finales de la década de 1990 las políticas de cooperación CT han cobrado mayor protagonismo en el sistema de ayuda, hasta representar en 2008 el 5,6% de la AOD global, si bien la evolución de los recursos muestra una excesiva volatilidad (especialmente desde 2003), que puede afectar negativamente a la eficacia de las intervenciones y que revela problemas de coordinación y planificación temporal de las intervenciones.
2. Las percepciones de AOD-CT per capita también han incrementado entre 1998 y 2008, multiplicándose por cinco hasta alcanzar los 1,56 dólares por persona.

3. En el reparto de la AOD-CT global entre las distintas regiones del mundo en desarrollo, Asia y África reciben —cada una— casi uno de cada tres dólares de estas ayudas (en consonancia con sus posiciones como principales receptoras de AOD del mundo). Por sub-regiones, África Subsahariana se ubica como la primera receptora.
4. La distribución de los recursos de AOD-CT *per capita* revela la existencia de un marcado sesgo a favor de las regiones menos pobladas. De este modo, mientras Oceanía recibe más de 62 dólares por persona, los demás continentes reciben cantidades inferiores a los 13 dólares (especialmente bajas son las percepciones de la población más numerosa del Planeta, los asiáticos).
5. La aportación de la AOD-CT al PNB del mundo en desarrollo es relativamente limitada (aproximadamente del 0,06%). Así, en todas las regiones esta aportación no supera el 0,2% (salvo en Oceanía, donde se confirma un sesgo a favor de las regiones menos pobladas). Por sub-regiones, África Subsahariana y el norte de África se ubican muy por delante del resto de áreas, siendo marcadamente reducida la participación de la AOD-CT en el PNB de las distintas regiones americanas y asiáticas.
6. La distribución geográfica de la AOD-CT resulta —en términos agregados— progresiva, en tanto que los PED menos adelantados tecnológicamente tienden a recibir más ayudas. A falta de un análisis más profundo sobre la eficacia macroeconómica de estas ayudas, se puede concluir que el enfoque redistributivo de los recursos contribuye positivamente al paulatino estrechamiento de la brecha tecnológica. No obstante, debe alertarse que existen países que escapan a esta regla general y reciben cuotas de AOD-CT muy inferiores a las que les correspondería en términos de sus bajas capacidades innovadoras y sus elevados pesos poblacionales (por ejemplo, Bangladesh, Filipinas, Nigeria y Pakistán).
7. Respecto a la distribución sectorial (que presenta un patrón temporal relativamente estable), tres cuartas partes de los recursos se concentra en cuatro sectores: dos relativos a la formación de competencias avanzadas (*enseñanza superior*, con más



de la mitad de los recursos, y *formación profesional*), otro relativo a la *investigación agrícola* (principal ámbito de investigación financiado por los donantes) y un agregado sectorial de *educación y capacitación multisectorial* (que incluye los programas de becas de formación avanzada). En cambio, las actividades orientadas a favorecer la innovación en las empresas (*formación técnica, gestión avanzada y capacitación comercial*) reciben una atención mucho.

# CAPÍTULO 3

## ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

- 3.1. Introducción
- 3.2. El debate sobre el impacto de la ayuda en el crecimiento
- 3.3. Modelo analítico de impacto de la ayuda científico-tecnológica sobre el desarrollo
- 3.4. Procedimiento de estimación econométrica
- 3.5. Variables
- 3.6. Muestra de países y estructura temporal

The art of the econometrician consists in finding the set of assumptions that are both sufficiently specific and sufficiently realistic to allow him to take the best possible advantage of the data available to him.

Malinvaud, E. (1966), *Statistical Methods of Econometrics*, Rand McNally, Chicago, pág. 514.

### **3.1. Introducción**

A continuación se especifica un modelo analítico de los mecanismos potenciales de impacto de la ayuda sobre el crecimiento económico de los PED, distinguiendo dos modalidades de ayuda: los recursos destinados al desarrollo de capacidades de innovación (*ayuda científico-tecnológica*) y el resto de la ayuda. En concreto, el objetivo es evaluar el impacto macroeconómico de la ayuda científico-tecnológica, y no tanto estimar un modelo de crecimiento económico o un modelo del impacto de la ayuda agregada (sin distinción de modalidades). No obstante, para captar cabalmente la relación ayuda-crecimiento es preciso integrarla en el marco más amplio del proceso de crecimiento e incorporar las principales fuerzas (y limitantes) del proceso de progreso (especialmente la innovación que es, en última instancia, la capacidad a cuya expansión pretende contribuir la ayuda científico-tecnológica). De modo contrario, las estimaciones se verían sesgadas por la omisión de variables relevantes y por la insuficiente capacidad explicativa del modelo.

Para tal fin, después de esta introducción, en el segundo epígrafe se revisa brevemente el debate académico sobre la eficacia macroeconómica de la ayuda internacional. En la tercera sección se propone un modelo teórico de impacto de la AOD-CT sobre el crecimiento económico de los PED, adaptado a las particularidades de este tipo de ayudas y basado en la nueva teoría de crecimiento. En cuarto lugar se explica el procedimiento de estimación econométrica mediante un modelo de regresión dinámico con datos en panel. En el quinto epígrafe se explican las variables utilizadas para estimar el modelo. En la última sección se detalla la población objeto de estudio y se explica la estructura temporal del panel datos.

### **3.2. El debate sobre el impacto de la ayuda en el crecimiento**

La cuestión de si la ayuda oficial al desarrollo impulsa el crecimiento económico de los PED ha sido ampliamente analizada desde 1960. Este tipo de estudios se inscriben dentro del debate más amplio sobre las fuerzas que impulsan el crecimiento –que se analizó en el capítulo 1–, entendiéndose que la ayuda internacional puede contribuir al progreso económico del mundo en desarrollo.

La exhaustiva revisión de la literatura sobre eficacia de la ayuda realizada por Hansen y Tarp (2000) estableció una clasificación –comúnmente aceptada y utilizada– de los estudios en torno a tres generaciones dependiendo del marco teórico y de los métodos de estimación econométrica utilizados. Por motivos de claridad explicativa, en esta sección se utilizará la clasificación canónica de Hansen y Tarp para resumir la evaluación de esta literatura.<sup>1</sup>

La primera generación de estudios de eficacia de la ayuda parte del modelo de crecimiento económico Harrod-Domar (Harrod, 1939; Domar, 1946) para explicar la contribución de la ayuda internacional al proceso de crecimiento de los PED. El modelo Harrod-Domar sostiene que la capacidad de crecimiento de un país depende de su oferta de trabajo y de su *stock* de capital. Este modelo supone que existe abundancia en la oferta de trabajo, por lo que el crecimiento está limitado únicamente por la disponibilidad y la productividad del capital. Por lo tanto, solamente habría crecimiento si se transforma el ahorro en inversión, facilitándose así la acumulación del capital. En este contexto, la ayuda externa se concibe como un instrumento de financiación adecuado para complementar la escasa capacidad de ahorro e inversión de los PED.

Este modelo de una única brecha de financiación (la brecha del ahorro) fue posteriormente ampliado por Chenery y Strout (1966) y su “modelo de dos brechas”. Chenery y Strout criticaron que el modelo Harrod-Domar se centraba únicamente en la relación ahorro-inversión y capital-trabajo, dejando aparte otros factores de igual importancia, como el comercio exterior, los cambios en la composición de la demanda y la asignación de recursos. Así, en los PED es tan importante la brecha de ahorro como la brecha existente entre la capacidad de generación de divisas de las exportaciones y la creciente demanda de las mismas requerida para sufragar las necesidades de importación que acompañan a los procesos de crecimiento económico. En este contexto, la ayuda se concibe como una fuente de financiación que trata de cerrar esta doble brecha que limita las posibilidades de crecimiento de los PED.

---

<sup>1</sup> Pueden consultarse revisiones de esta literatura en McGillivray *et al.* (2006), Alonso (2009) y Tezanos (2010).

Con este marco teórico, el estudio empírico pionero de Paul Rosentein-Rodan (1961) sostuvo que la ayuda internacional debe contribuir a cerrar la “brecha de ahorro” que limita las oportunidades de progreso de los PED. En el medio y largo plazo, la ayuda debe contribuir a generar una dinámica de crecimiento “autosostenida” por la capacidad propia ahorro nacional, sin necesidad de ayuda externa. De acuerdo con sus estimaciones, Rosentein-Rodan sostuvo que los países más industrializados de la época (incluyendo a la URSS) debía canalizar un 1% de sus PIB en forma de ayuda a los PED para generar el “empujón” necesario para el despegue de sus economías.

Continuando con este marco teórico, distintos estudios empíricos recurrieron al análisis de regresión múltiple para contrastar si la ayuda contribuía efectivamente a impulsar el ahorro (o la inversión) de los países que la recibían. Los resultados empíricos obtenidos se alejaron, no obstante, de la “visión optimista” de la ayuda que sostuvieron Rosenstein-Rodan, Chenery y Strout. Así, los estudios de Griffin y Enos (1970), Gupta (1970) y Papanek (1973) estimaron coeficientes negativos para la relación ayuda-ahorro, lo que se interpretó como un “síntoma” de desplazamiento de la capacidad de ahorro de los países receptores como consecuencia de la ayuda. Otros estudios (como Griffin, 1970) sostuvieron que muchos recursos de ayuda se perdían en burocracias y elites sociales en los países receptores, por lo que la ayuda no alcanzaba sus objetivos, generándose un problema serio de “fungibilidad” que limitaba el estudio del impacto de la ayuda sobre el crecimiento.

La segunda generación de estudios partió del mismo marco teórico que la primera (modelo de las brechas de financiación), pero analizaron la relación directa entre ayuda e inversión, sin considerar previamente la relación ayuda-ahorro. Así, por ejemplo, las regresiones realizadas por Mosley (1980) y Mosley *et al.* (1987) consideraron los diferentes componentes de la financiación de la inversión (ahorro doméstico, ayuda externa y otros flujos externos de capital) y revelaron un positivo impacto de la ayuda. Por su parte, Papanek (1973) constató que las diferentes fuentes de financiación de la inversión explicaban más de un tercio del crecimiento y, en concreto, que el impacto de la ayuda sobre la tasa de crecimiento era mayor que los impactos de otros flujos de capital. En suma –según Hansen y Tarp (2000)– de esta segunda generación de estudios se pueden extraer dos resultados principalmente: se confirma la existencia de un vínculo positivo entre ayuda e inversión (en línea con los resultados obtenidos en la primera generación de estudios) y,

para aquellos países en los que el ahorro se encuentra relacionado con el crecimiento, existe también una relación positiva entre ayuda y crecimiento.

En todo caso, la fundamentación teórica de las dos primeras generaciones de estudios de eficacia de la ayuda ha sido fuertemente criticada. Entre otros, Easterly (2003) denuncia que los modelos de brechas de la financiación han ejercido una excesiva influencia en las prácticas de gestión de los organismos multilaterales a pesar de su inadecuación para explicar la realidad de los países en desarrollo: “[...] los aumentos de la inversión no son una condición ni necesaria ni suficiente para crecer en el corto o medio plazo” (Easterly, 2003, p. 38). Y ello es así porque existen muchas formas de aumentar la producción, como la adaptación de nuevas tecnologías, el capital humano y el capital organizativo. Esta multiplicidad de factores hace que la relación entre crecimiento e inversión sea muy débil. Para ilustrar su crítica, Easterly (2003) calcula el ingreso *per capita* que, de acuerdo con el modelo Harrod-Domar, debería tener Zambia después de 30 años de recepción de ayuda internacional. Así, según este modelo, el ingreso *per capita* de un zambiano medio debería ser hoy en día de 20.000 dólares frente a los escasos 600 dólares de la realidad.

La tercera generación de estudios de eficacia de la ayuda ha tratado de superar la limitada capacidad de los modelos de las brechas de financiación para explicar los problemas del subdesarrollo. Con respecto a las dos anteriores, esta nueva generación de estudios incorpora avances relevantes tanto en la delimitación del marco teórico, como en la estimación econométrica, dejando atrás la justificación de la ayuda en relación con las brechas macroeconómicas de financiación. Así, buena parte de los estudios recientes incorporan los avances de la teoría del crecimiento endógeno, como una alternativa a los modelos utilizados en los primeros estudios de eficacia (modelo Harrod-Domar y modelo de dos brechas de Chenery-Strout) y enfatizan otras variables más allá del capital fijo, como la tecnología, el capital humano, los bienes intermedios, el capital social, el capital empresarial y las instituciones. Por otro lado, las estimaciones econométricas utilizan información estadística más completa, realizan análisis de regresión con datos en panel, consideran la posible endogeneidad de la ayuda (y de otras variables explicativas) y

modelizan una relación no-lineal entre ayuda y crecimiento, como consecuencia de la existencia de rendimientos marginales decrecientes en la ayuda<sup>2</sup>.

La ecuación utilizada para estas estimaciones parte de la desarrollada por Barro (1991) en sus estudios de los factores del crecimiento, en los que la teoría “sugiere” las variables explicativas, pero la selección se ve —en buena medida— condicionada por la disponibilidad de información estadística<sup>3</sup>. Los modelos estimados tienen como expresión general:

$$G_{i,t} = \alpha_1 + \alpha_2 \log y_{i,t_0} + \beta_1 A_{i,t} + \beta_2 A_{i,t}^2 + \sum_{l=1}^L \gamma_l R_{i,t} + \prod_{k=1}^{K,L} \varphi_{k,l} R_{i,t} A_{i,t} + \sum_{k=1}^K \lambda_k X_{i,t} + u_{i,t} \quad [1]$$

Siendo  $G_{i,t}$  la tasa de crecimiento de la renta *per capita* del país  $i$  entre los años  $t_0$  y  $T$ ;  $y_{i,t_0}$  la renta *per capita* en el año inicial;  $A_{i,t}$  la ayuda (como porcentaje de la renta nacional) en el año  $t$ ;  $R_{i,t}$  un vector de variables *condicionantes* de la ayuda; y, por último,  $X_{i,t}$  un vector de otras variables explicativas del crecimiento.

En este contexto, la publicación del trabajo de Burnside y Dollar (2000 y 2004) reactivó el debate académico sobre la eficacia de la ayuda. Estos autores —vinculados al grupo de investigación del Banco Mundial— fueron pioneros al valorar la existencia de una serie de circunstancias específicas de cada país socio que condicionan el impacto sobre el crecimiento finalmente logrado por la ayuda. En este sentido los estudios de Burnside y Dollar defienden que el crecimiento de los PED depende positiva y significativamente de la calidad de las políticas públicas, y que la ayuda sólo es eficaz cuando los países la combinan con buenas políticas macroeconómicas. De este resultado se desprende que la eficacia agregada del sistema de ayuda aumentaría si los donantes “seleccionaran” a los países socios con mejores registros de gobernabilidad.

---

<sup>2</sup> Distintas razones explican la existencia de rendimientos marginales decrecientes en la ayuda: la existencia del denominado “síndrome holandés” (generado por la excesiva entrada en un país de divisas extranjeras), la escasa capacidad de absorción de recursos extranjeros del país receptor, y la destrucción institucional que puede motivar la dependencia de la ayuda (Dudley y Montmarquette, 1976).

<sup>3</sup> Véase, por ejemplo, Barro (1991). En el caso de los estudios de eficacia de la ayuda, es frecuente encontrar artículos que estiman ecuaciones de regresión sin discutir primero la fundamentación teórica del modelo.

A pesar de la influencia que ha obtenido el “enfoque de selectividad” defendido por Burnside y Dollar, distintos estudios han cuestionado la robustez de sus estimaciones. Así, el estudio de Hansen y Tarp (2001) confirmó la existencia de rendimientos marginales decrecientes y detectó que la ayuda es eficaz por si sola, con independencia de los resultados de otras políticas que pueda aplicar el país. Este mismo resultado sobre la “incondicionalidad” en el efecto positivo de la ayuda sobre el crecimiento se obtiene en los trabajos de Durberry *et al.* (1998), Lensink y White (2000 y 2001) y Dalgaard y Hansen (2001).

No obstante, no todos los estudios recientes estiman una relación positiva entre ayuda y crecimiento. Por ejemplo, los exhaustivos ejercicios de regresión de Rajan y Subramanian (2005a y 2005b) concluyen que no existe una relación consistente entre ayuda y crecimiento; es más, estos autores alertan de la posible existencia de “efectos adversos” de la ayuda del tipo “síndrome holandés”.

En el siglo XXI han surgido numerosos estudios que han explorado la existencia de distintas variables “condicionantes” del impacto de la ayuda (**Cuadro 3.1**). Unos han puesto el foco de interés en las características de las economías receptoras y otros en las prácticas de gestión de los propios donantes. En conjunto, sugieren la existencia de diversos "escenario en los que la ayuda “parece” haber sido más eficaz (Tezanos, 2010).



**Cuadro 3.1.** Estudios de eficacia de la ayuda de la tercera generación

Condicionantes del impacto de la ayuda	Escenarios en los que la ayuda “puede” ser más eficaz	Autores y variables de análisis
Según las características de las economías receptoras	<b>Cuando los países socios disponen de instituciones de calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Burnside y Dollar (2004): respeto de las libertades políticas y civiles e imperio de la ley.</li> <li>- Chauvet y Guillaumont (2004): estabilidad del sistema político.</li> <li>- Durberry <i>et al</i> (1998): estabilidad macroeconómica.</li> <li>- Svensson (1999) y Kosack (2002): prácticas democráticas.</li> </ul>
	<b>Cuando existen efectos desfavorables para el crecimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guillaumont y Chauvet (2001): efectos climáticos adversos.</li> <li>- Collier y Dehn (2001), Guillaumont y Chauvet (2001), Chauvet y Guillaumont (2004) y Collier y Goderis (2008): existencia de shocks comerciales negativos.</li> </ul>
	<b>Cuando los países socios sufren desventajas estructurales</b> <b>En escenarios de post-conflicto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dalgaard <i>et al.</i>, (2004): ubicación geográfica del país entre los trópicos.</li> <li>- Collier y Hoeffler (2004): escenarios post-conflicto.</li> </ul>
Según las prácticas de gestión de los países donantes	<b>Volatilidad de la ayuda</b>	-Levy (1987), Lensink y Morrissey (2000), Bulir y Hamman (2003 y 2008), Hudson y Mosley (2008) y Tezanos <i>et al.</i> (2009): volatilidad de la ayuda.
	<b>Descoordinación entre donantes</b>	-Tezanos <i>et al.</i> (2009), Djankov <i>et al.</i> , (2009) y Gibson <i>et al.</i> (2005): existencia de múltiples donantes en un país socio.
	<b>Preponderancia de los intereses de la política exterior</b>	-Minoiu y Reddy (2009): patrones de asignación geográfica de la ayuda.

Fuente: Adaptado de Tezanos (2010)

Finalmente, cabe añadir una línea “incipiente” de investigación, que cabría considerar como una cuarta generación de estudios de eficacia de la ayuda. Estos estudios consideran la posibilidad de que, dada la heterogeneidad de los flujos de ayuda, disímiles

"modalidades" de ayuda ejerzan efectos diferentes sobre el crecimiento. De esta manera, el estudio pionero de Clemens et al. (2004) examinó la eficacia de la "ayuda a corto plazo" (es decir, los recursos de ayuda que posiblemente podrían estimular el crecimiento en el corto plazo, incluyendo el apoyo presupuestario, las inversiones en infraestructura y las ayuda a los sectores productivos, como agricultura e industria). Sus estimaciones revelan un impacto económico y estadísticamente significativo de la ayuda a corto plazo (de hecho, el coeficiente estimado es entre dos y tres veces mayor que el estimado en los estudios que analizan la ayuda agregada). Además, los estudios de Ouattara y Strobl (2008) y Annen y Kosempel (2009) evaluaron la eficacia de la "ayuda técnica", bajo el supuesto de que este tipo de ayudas estimula la acumulación de capital humano y facilita la transferencia de conocimiento; sin embargo, estos dos estudios obtuvieron resultados opuestos: el primero afirma la ineficacia de estas ayudas, y el segundo afirma su eficacia. Por último, Tezanos et al. (2012) estudiaron la eficacia de las donaciones y los préstamos de ayuda en América Latina y el Caribe, y constataron que si bien ambas modalidades son económica y estadísticamente significativas, el impacto de los préstamos concesionales parece haber sido mayor que el impacto de las donaciones.

En suma, la falta de resultados de consenso sobre la eficacia macroeconómica de la ayuda se debe a la existencia de una serie de factores que dificultan las estimaciones. Entre otros factores identificados por Tezanos (2010), cinco especialmente importantes son: i) el carácter endógeno de la ayuda, que dificulta la estimación y limita la validez de los resultados; ii) la "fungibilidad" de la ayuda, que supone que los países receptores tengan cierta capacidad de manejo discrecional de la ayuda; iii) la priorización de los intereses de política exterior de los donantes en la distribución geográfica de la ayuda, lo que en ocasiones contradice los objetivos oficialmente declarados de desarrollo; iv) el impacto de la ayuda sobre el crecimiento se ve contrarrestado por la generación de efectos macroeconómicos adversos (límites a la capacidad de absorción productiva de recursos externos, alteración de los incentivos fiscales del Gobierno, "síndrome holandés" o deterioro de la calidad institucional); y v) las estimaciones no resultan robustas en parte porque la ayuda no es un factor "fundamental" para el crecimiento (ya que los flujos de ayuda suponen una contribución muy limitada para la mayoría de los PED), y en parte porque los flujos de ayuda son muy heterogéneos y es posible que distintas modalidades de

ayuda (por ejemplo, ayuda científico-tecnológica, ayuda humanitaria, asistencia técnica, etc.) generen impactos diferentes sobre el crecimiento.

### 3.3. Modelo analítico de impacto de la ayuda científico-tecnológica sobre el desarrollo

Siguiendo el estudio seminal explicado anteriormente de Robert Barro (1991) sobre los determinantes del crecimiento económico y su comportamiento en el largo plazo, a continuación se propone un modelo de crecimiento que permite examinar los mecanismos potenciales de impacto de la ayuda científico-tecnológica sobre el desarrollo económico de los PED. Desde esta perspectiva se asume que la tasa de variación del ingreso *per capita*,  $G_{i,t}$ , del país  $i$  entre los años  $t_0$  y  $T$  depende de su nivel inicial de ingreso *per capita* ( $y_{i,t_0}$ ) y de un vector de  $k$  variables que determinan el estado estacionario ( $X_{i,t}^k$ ), según la ecuación:

$$G_{i,t} = \alpha_i + \beta y_{i,t_0} + \delta_k X_{i,t}^k \quad [2]$$

donde  $\alpha_i$  es el efecto fijo asociado al país  $i$ . De acuerdo con esta especificación, el parámetro  $\beta$  indica la existencia de convergencia condicional entre los PED (esto es, la denominada  $\beta$ -convergencia, siempre y cuando se satisfaga la condición  $\beta < 0$ )<sup>4</sup>. Los parámetros  $\delta_k$  indican los efectos de  $k$ -factores determinantes del crecimiento a largo plazo. Obviamente, la clave para dotar de capacidad explicativa al modelo reside en la composición del vector de crecimiento,  $X_{i,t}^k$ , que, al objeto de captar cabalmente la relación entre ayuda científico-tecnológica, innovación y crecimiento, definimos, para cada  $i$  y  $t$ , como:

$$X_{i,t}^k = \delta_1 I_{i,t} + \delta_2 A_{i,t}^{CT} + \delta_3 A_{i,t}^{CT} \cdot I_{i,t} + \delta_4 A_{i,t}^{CT} \cdot R_{i,t} + \delta_5 A_{i,t}^{noCT} + \delta_6 Z_{i,t} \quad [3]$$

Siendo:

$I_{i,t}$  Capacidad de innovación del país  $i$ .

<sup>4</sup> Véase Garcimartín (2007) para un análisis crítico de las regresiones de convergencia.

$A^{CT}_{i,t}$	Ayuda científico-tecnológica.
$A^{CT}_{i,t} \cdot I_{i,t}$	Interacción entre la ayuda científico-tecnológica y la capacidad de innovación.
$A^{CT}_{i,t} \cdot R_{i,t}$	Interacción entre la ayuda científico-tecnológica y las variables relativas a las características de las economías receptoras que condicionan el impacto de la ayuda.
$A^{noCT}_{i,t}$	Ayuda no destinada a innovación.
$Z_{i,t}$	Vector de otras variables explicativas del crecimiento.

De este modo, el modelo descrito en la ecuación [3] permite explicar la relación que la innovación y la ayuda científico-tecnológica tienen con el crecimiento:

- $\delta_1$  mide la elasticidad relativa de la innovación respecto del crecimiento.
- $\delta_2$  y  $\delta_3$  miden las elasticidades relativas respecto del crecimiento de dos modalidades distintas de ayuda: la ayuda científico-tecnológica y el resto de la ayuda (no científico-tecnológica). Así, el modelo permite la existencia de coeficientes diferentes de impacto para ser coherente con los dispares objetivos de estos tipos de ayudas<sup>5</sup>. La estimación de los parámetros  $\delta_2$  y  $\delta_3$  permite comparar los impactos potenciales de los dos tipos de ayudas y, así, guiar la elección del reparto óptimo de los recursos. Se trata de un asunto relevante para las economías en desarrollo en tanto que la ayuda científico-tecnológica, de revelarse eficaz (es decir, si  $\delta_2 > 0$ ), contribuye a potenciar las capacidades de innovación, que son,

<sup>5</sup> Véase capítulo 2, las ayudas *científico-tecnológicas* consisten en “[...] un conjunto de actividades que pretenden promover el progreso tecnológico, científico e innovador de los PED. Nueve son los objetivos principales que se persiguen: i) crear SNI [*sistemas nacionales de investigación*] sólidos en los PED; ii) transferir el conocimiento y la tecnología, y ponerlos al servicio de las necesidades del desarrollo humano de cada país; iii) formar y capacitar recursos humanos en materia científico-tecnológica; iv) facilitar la movilidad internacional de los investigadores; v) facilitar el aprendizaje tecnológico; vi) crear infraestructuras y capacidades institucionales de I+D+i; vii) sensibilizar al conjunto de la sociedad sobre la relevancia de la ciencia, la tecnología y la innovación; viii) satisfacer las demandas nacionales de innovación de cada PED, para contribuir a eliminar los principales cuellos de botella del desarrollo, aportando soluciones específicas a los problemas que afectan directamente a las necesidades socio-económicas (por ejemplo, en materia de salud, vivienda, educación, servicios públicos y medio ambiente); y ix) recuperar conocimientos tecnológicos locales.”

precisamente, la principal fuente del crecimiento según la literatura científica especializada.

- $\delta_3$  mide la interacción entre la capacidad de innovación de un país y la ayuda científico-tecnológica que recibe. Si  $\delta_3 < 0$ , la ayuda científico-tecnológica tiene mayor impacto en los países menos innovadores, lo que respalda el uso de estas ayudas para contribuir a cerrar la brecha mundial de las disímiles capacidades de innovación. En cambio, si  $\delta_3 > 0$ , entonces la ayuda científico-tecnológica es más eficaz en los PED innovadores.
- $\delta_4$  mide la interacción entre la eficacia de la ayuda científico-tecnológica y las variables que condicionan el impacto de la ayuda en los países receptores (por ejemplo, gobernabilidad, *shocks* económicos y desventajas estructurales). Si  $\delta_4 > 0$ , la ayuda científico-tecnológica resulta más eficaz cuanto mayor es el valor de la variable condicionante; si  $\delta_4 < 0$ , entonces la interacción entre ambas variables es negativa.
- $\delta_6$  mide el impacto directo de otros factores relevantes para el crecimiento de las economías en desarrollo, tales como el buen gobierno, el capital humano, la igualdad y la dotación de recursos naturales.

### 3.4. Procedimiento de estimación econométrica

La estimación del modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica definido en las expresiones [2] y [3] se realiza mediante el siguiente modelo de regresión con datos en panel:

$$\begin{aligned}
 G_{i,t} &= \alpha_i + \beta y_{i,t0} + \delta X_{i,t}^k + \mu_{i,t} \\
 \varepsilon_{i,t} &= \alpha_i + \mu_{i,t} \\
 E[\alpha_i] &= E[\mu_{i,t}] = E[\alpha_i \mu_{i,t}] = 0
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Donde el término de error ( $\varepsilon_{i,t}$ ) es suma de dos componentes ortogonales: los efectos fijos asociados a cada país ( $\alpha_i$ ) y el efecto ideosincrático ( $\mu_{i,t}$ ).

Los modelos de regresión dinámicos con datos en panel son útiles tanto para incorporar retardos de la variable dependiente como para resolver problemas de endogeneidad de alguna de las variables explicativas. En estos casos se incluye en el modelo como variable independiente un primer retardo (o incluso algunas veces más retardos) de la variable dependiente. De manera que el modelo es ahora:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \eta y_{it-1} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad [5]$$

Donde  $k= 1, \dots, K$  variables independientes de interés,  $i= 1, \dots, N$  unidades sociales y  $t = 1, \dots, T$  observaciones en el tiempo. La variable  $y_t$  es endógena,  $y_{t-1}$  es la variable endógena retardada un periodo en el tiempo,  $X_k$  son las variables explicativas o exógenas cuyos retardos se pueden también incluir en el modelo causal, y  $u_{it}$  es el término de error del modelo. Esta especificación econométrica permite resolver el problema de obtener errores correlacionados entre sí mediante la estimación por Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO). Además el hecho de que  $y_{t-1}$  se incluya en el modelo permite controlar por el efecto que los valores previos de la variable endógena tienen en el valor presente, y de esta manera, mejora la precisión de la estimación. El coeficiente  $\eta$  asociado a  $y_{t-1}$  representa la tasa de descuento, es decir, la tasa de decremento del efecto de valores pasados  $y_{t-1}$ .

Este modelo se utiliza a menudo en los análisis de datos de panel sin prestar atención a algunos de los problemas más graves de esta técnica (Pérez, 2006). En primer lugar, tal y como sucede con los estimadores MCO, los estimadores de modelos con retardos de la variable dependiente suelen ser inestables y pueden tomar valores diferentes según la submuestra que se analice. Segundo, aún a pesar de la inclusión de  $y_{t-1}$  en el modelo, no se está necesariamente solucionando el problema de la autocorrelación serial. Es necesario considerar la posibilidad de incluir un proceso autorregresivo para el comportamiento del error. Finalmente, la estimación con retardos de la variable endógena es una fuente importante de sesgo que dificulta, en muchas ocasiones, la estimación del modelo. Esto sucede porque se viola uno de los supuestos básicos del modelo de regresión: la ausencia

de correlación entre las variables explicativas de un modelo uniecuacional dinámico y su término error. La variable retardada aparece en la parte derecha de la ecuación y además está correlacionada con el término de error, es aleatoria y no determinista como son el resto de variables explicativas. Incluir  $y_{t-1}$  en la parte derecha de la ecuación, dado que está correlacionada con el término de error, dificulta considerablemente la estimación del modelo.

En el caso concreto del presente análisis, algunas variables del modelo pueden no ser estrictamente exógenas (es decir, que están correlacionadas con realizaciones pasadas, y/o actuales, del término de error), lo que incumpliría los supuestos del modelo clásico de regresión lineal y sesgaría las estimaciones. Este es el caso de las dos modalidades de ayuda consideradas, cuya distribución geográfica puede estar negativamente relacionada con los ritmos de crecimiento de los países socios, lo que revela un problema de *endogeneidad* en la relación ayuda-crecimiento. De manera análoga, otras variables explicativas (la renta *per capita* inicial, la *governabilidad* y los *shocks* económicos) pueden no ser estrictamente exógenas, ya sea porque presentan un doble sentido de causación con la variable dependiente (por ejemplo, la relación crecimiento-governabilidad), o porque están relacionadas con otras variables explicativas (por ejemplo, la renta *per capita* inicial y la ayuda, en la medida en que los países con menores ingresos “deberían” recibir mayores cantidades de ayuda).

Según Tezanos *et al.* (2009, pág. 16) [...] “para resolver este problema deben aplicarse métodos de estimación consistentes ante la presencia de efectos fijos por país y variables independientes endógenas. Generalmente se recurre a modelos de regresión con *variables instrumentales* con el fin de sustituir las variables no exógenas por otras que, estando correlacionadas con éstas, resulten ortogonales al término de error”. Los modelos de regresión dinámicos con datos en panel se estiman mediante el *método generalizado de momentos* (GMM) propuesto inicialmente por Arellano y Bond (1991), que es un caso especial de estimación por variables instrumentales en el que el sistema de ecuaciones e instrumentos está sobre-identificado. Su ventaja reside en el uso de instrumentos

“internos”, basados en los retardos de las variables instrumentadas, lo que ha dado mejores resultados de estimación que los métodos usuales de instrumentalización<sup>6</sup>.

La estimación GMM es adecuada en el caso de modelos con paneles de datos cuando: a) el número de observaciones temporales ( $T$ ) es reducido y el número de observaciones transversales ( $N$ ) es elevado; b) existen variables independientes que no son estrictamente exógenas; c) hay efectos fijos individuales; y, d) existe heteroscedasticidad y autocorrelación entre las observaciones de un mismo país (pero no entre observaciones de distintos países). Según Roodman (2009, pág. 13), los estimadores GMM forman parte de una “[...] tendencia en la práctica econométrica hacia el desarrollo de estimadores que requieren menos supuestos sobre el proceso de generación de datos y que usan técnicas más complejas para discernir la información relevante”.

En análisis de regresión de esta Tesis Doctoral se emplea el *sistema de estimación GMM* sugerido por Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998), en vez del formulado por Arellano y Bond (1991)<sup>7</sup> de *GMM en diferencias*, que transforma el modelo en primeras diferencias para eliminar los efectos no observados y fijos, e instrumenta las variables explicativas que no son estrictamente exógenas a través de una matriz de condiciones de momentos, además puede aparecer un problema de “debilidad de los instrumentos utilizados”, que consiste en cambios de magnitud y signos esperados de los coeficientes de estimación. En cambio, el sistema GMM, combina dos conjuntos de ecuaciones, por un lado emplea la ecuación original (en niveles) y, por otro un sistema de ecuaciones que

<sup>6</sup> Generalmente, los estudios de eficacia han instrumentalizado la ayuda mediante variables que caracterizan los patrones de asignación geográfica de los donantes, utilizando modelos que combinan variables relativas a las “necesidades de los receptores” y a los “interés de los donantes” (Tezanos, 2008a). Este procedimiento resulta problemático, puesto que los instrumentos utilizados no se han revelado ni especialmente correlacionados con la variable instrumentada (y, por tanto, no constituyen instrumentos “ideales”), ni son perfectamente ortogonales a la variable dependiente (por ejemplo, las variables de necesidad de ayuda no son estrictamente exógenas respecto de la tasa de crecimiento). Además, los intereses de política exterior de los países donantes no explican convenientemente la asignación geográfica de la ayuda multilateral (ayuda que sí computamos en la AOD-CT aquí analizada).

<sup>7</sup> Otros estudios de eficacia de la ayuda han estimado paneles dinámicos: unos mediante el GMM en diferencias (Hansen y Tarp, 2001; Dalgaard *et al.*, 2004; Clemens *et al.*, 2004; Chauvet y Guillaumont, 2004; Rajan y Subramanian, 2005a; Roodman, 2007; Heady, 2008; y Djankov *et al.*, 2009), y otros mediante el sistema GMM (Tezanos *et al.*, 2009 y 2012).



elimina la correlación con los efectos fijos, lo que permite emplear un mayor número de instrumentos, y, por tanto, mejora considerablemente la eficiencia de la estimación<sup>8</sup>.

El modelo se estima mediante el *software* econométrico STATA, implementándose tres comandos que optimizan la estimación: *i*) errores estándar de White, que son robustos ante heteroscedasticidad arbitraria para un mismo país<sup>9</sup>; *ii*) restricción de la matriz de instrumentos, creándose un instrumento para cada variable y distancia de retardo, en vez de un instrumento para cada periodo, variable y distancia de retardo, lo que, en muestras pequeñas reduce el sesgo que surge cuando el número de instrumentos se aproxima (o supera) el número de observaciones; y, *iii*) estimaciones en dos pasos, aplicándose la corrección para muestras finitas de Windmeijer (2005), que evita el sesgo por defecto de los errores estándar. Finalmente, para comprobar si la estimación del sistema GMM es apropiada, realizamos los contrastes de hipótesis de Sargan y Hansen de restricciones sobre-identificadas, y el *test* de Arellano-Bond de autocorrelación del término de error ideosincrático (autocorrelación que, de existir, anularía la validez de utilizar los retardos como instrumentos).

### 3.5. Variables

Se han utilizado *proxies* para estimar el modelo enunciado en las ecuaciones [3] y [4] y así trata de maximizar la disponibilidad de los datos (reduciéndose el sesgo de selección debido a la omisión no aleatoria de información<sup>10</sup>), y de evitar la redundancia informativa (que ocasionaría problemas de multicolinealidad). Los **cuadros 3.2 y 3.3** ofrecen los estadísticos

---

<sup>8</sup> Los ejercicios de simulación de Kiviet (1995), Blundell y Bond (1998) y Hsiao *et al.* (1999) demuestran que los estimadores obtenidos mediante el GMM en diferencias son sesgados en muestras finitas por dos razones: primero, por la presencia de autocorrelación en los términos de error en muestras finitas y con muchas condiciones de momentos; y segundo, porque cuando el coeficiente de la variable autorregresiva está muy cercano a 1 (es decir, cuando la serie es altamente persistente o cercana a un proceso de raíz unitaria), el parámetro no se puede identificar usando las condiciones de momentos para las ecuaciones de primeras diferencias. En estos casos, las simulaciones muestran que el GMM en diferencias ofrece estimaciones sesgadas por defecto, especialmente cuando *T* es pequeño (Blundell y Bond, 1998).

<sup>9</sup> Es decir, se asume que las observaciones son independientes entre países, si bien los errores de un mismo país no son necesariamente independientes a lo largo del tiempo.

<sup>10</sup> Los países más pobres carecen frecuentemente de información estadística, por lo que su exclusión del análisis sesgaría sistemáticamente las estimaciones. Por esta razón es importante utilizar un conjunto de variables explicativas ampliamente disponibles en estos países.

descriptivos e información detallada de las fuentes y los procedimientos de elaboración de las variables.

**Cuadro 3.2.** Descripción de las variables y fuentes de información

Variable	Código de variable	Descripción	Fuente
<b>Tasa media de variación del PIB <i>per capita</i></b>	<i>G</i>	Precios constantes, dólares de EEUU, base año 2000.	Banco Mundial (2011)
<b>ln (PIB <i>per capita</i>)</b>	<i>ln PIBpc0</i>	Logaritmo neperiano del PIB <i>per capita</i> del año inicial. Precios constantes, dólares de EEUU, base año 2000.	Banco Mundial (2011)
<b>Artículos</b>	<i>Artículos</i>	Número de artículos científicos por cada 100 habitantes.	Banco Mundial (2011)
<b>ln (AOD<sup>CT</sup>)</b>	<i>ln AOD<sup>CT</sup></i>	Logaritmo neperiano del porcentaje que sobre el total del PIB representa la suma de los compromisos de AOD-CT del total de donantes en cada periodo. Precios constantes, dólares de EEUU, base año 2000.	CAD (2011)
<b>Gobernabilidad</b>	<i>Gobernabilidad</i>	Media aritmética de seis dimensiones de buen gobierno: i) voz y rendición de cuentas, ii) estabilidad política y ausencia de violencia, iii) efectividad gubernamental, iv) calidad regulatoria, v) estado de derecho, y vi) control de la corrupción.	Kaufmann, Kraay y Mastruzzi (2011)
<b>Volatilidad del comercio</b>	<i>Volcom</i>	Términos de intercambio: porcentaje que representa el índice de precios de exportación sobre el índice de precios de importación (año 2000=100)	Banco Mundial (2011)
<b>Tropical</b>	<i>Tropical</i>	Proporción sobre la superficie total del área territorial de un país ubicada dentro de los trópicos.	Gallup, Sachs y Mellinger (1999)
<b>ln (AOD<sup>noCT</sup>)</b>	<i>ln AOD<sup>noCT</sup></i>	Logaritmo neperiano del porcentaje que sobre el total del PIB representa la suma de los compromisos de AOD no CT del total de donantes en cada periodo. Precios constantes, dólares de EEUU, base año 2000.	CAD (2011)
<b>Capital humano</b>	<i>Kh</i>	Media aritmética del número de años de educación alcanzado entre las personas mayores de 25 años.	Banco mundial (2011)
<b>Gini</b>	<i>Gini</i>	Media geométrica de los valores del índice de Gini para cada país en el periodo considerado.	Banco Mundial (2011)

Variable	Código de variable	Descripción	Fuente
Exportaciones de petróleo	<i>Expetrol</i>	Exportaciones de petróleo sobre el total de exportaciones de mercancías.	Banco Mundial (2011)
Inflación	<i>Inflación</i>	Tasa de inflación.	Banco Mundial (2011)

Las tasas medias de variación del PIB *per capita* se calculan mediante la fórmula general:

$\left( \sqrt[T-t_0]{y_T/y_{t_0}} - 1 \right) \times 100$ , donde  $y_{t_0}$  e  $y_T$  son, respectivamente, los valores de la correspondiente variable en los periodos inicial y final.

Los promedios de las variables para cada país en cada cuatrienio se calculan mediante la media geométrica por ser una medida de posición más adecuada en el tratamiento de ratios e índices y, sobre todo, por ser menos sensible que la media aritmética a la existencia de valores atípicos o extremos. La excepción a esta regla son las variables de gobernabilidad y capital humano, que al no estar expresadas como tasas, se calculan las correspondientes medias aritméticas.

### Cuadro 3.3. Estadísticos descriptivos

Variable		Obs.	Media	Desviación típica	Min.	Max.
<b>G</b>	Total	183	1,8287	1,9476	-5,7961	8,5477
	Entre	63		1,7671	-2,4056	8,5477
	Intra			1,3815	-1,8403	6,2448
<b>lnPIBpc0</b>	Total	183	7,0420	1,0819	4,6731	9,2583
	Entre	63		1,1069	4,8181	9,1380
	Intra			0,0936	6,7943	7,3203
<b>Artículos</b>	Total	183	0,5862	0,2655	0,009	10,9092
	Entre	63		0,2648	0,0207	6,9830
	Intra			0,1342	-3,3400	4,5124
<b>AOD<sup>CT</sup></b>	Total	183	0,1756	0,2655	0,0007	1,9104
	Entre	63		0,2648	0,0014	1,0621
	Intra			0,1341	-0,7245	1,0758
<b>ln AOD<sup>CT</sup></b>	Total	183	-2,8513	1,7027	-7,2456	0,6473
	Entre	63		1,7034	-6,7214	0,0312
	Intra			0,6142	-5,3897	-1,1395

Variable		Obs.	Media	Desviación		
				típica	Min.	Max.
<i>AOD<sup>CT</sup> · Artículos</i>	Total	183	0,0445	0,0899	0,0001	0,7814
	Entre	63		0,0708	0,0001	0,3863
	Intra			0,0491	-0,1983	0,4396
<i>AOD<sup>CT</sup> · Gobernabilidad</i>	Total	183	-0,0760	0,1950	-2,2434	0,1254
	Entre	63		0,1811	-1,1721	0,0377
	Intra			0,1217	-1,1473	0,9953
<i>AOD<sup>CT</sup> · Volcom</i>	Total	183	18,7955	30,4775	0,0952	233,7459
	Entre	63		31,6980	0,1628	132,1072
	Intra			14,8829	-90,2940	127,8849
<i>AOD<sup>CT</sup> · Tropical</i>	Total	183	14,1311	24,4775	0,0000	191,0367
	Entre	63		24,8196	0,0000	101,0172
	Intra			12,7275	-75,8884	104,1506
<i>AOD<sup>noCT</sup></i>	Total	183	5,2930	7,4722	0,0005	52,2513
	Entre	63		7,0265	0,0009	29,5311
	Intra			2,7611	-17,4271	28,0132
<i>ln AOD<sup>noCT</sup></i>	Total	183	0,3368	2,1177	-7,6646	3,9561
	Entre	63		2,1641	-7,2067	3,2475
	Intra			0,3920	-1,2793	2,2076
<i>Gobernabilidad</i>	Total	183	-0,3143	0,4147	-1,4490	0,8243
	Entre	63		0,3957	-1,2270	0,6725
	Intra			0,1370	-0,8981	0,4260
<i>Kh</i>	Total	183	1,4314	0,6151	0,1992	4,1162
	Entre	63		0,6376	0,2345	3,5581
	Intra			0,1658	0,7603	2,6662
<i>Gini</i>	Total	183	45,6722	7,9283	30,13	61,7800
	Entre	63		7,4700	30,6788	58,5138
	Intra			2,1440	37,9084	52,5897
<i>Expetrol</i>	Total	183	11,6156	21,0033	0,0000	94,5871
	Entre	63		22,7763	0,0000	94,5871
	Intra			3,8381	-5,0592	36,6309
<i>Inflación</i>	Total	183	11,7956	21,7611	0,3855	254,0078
	Entre	63		11,3048	0,6624	68,2105
	Intra			17,8202	-51,4828	197,5929

### - Variable dependiente

Se emplea la variable dependiente habitual en los estudios sobre eficacia de la ayuda y sobre crecimiento económico: la tasa media de variación del PIB *per capita* en cada cuatrienio analizado ( $G$ ).

### - Variables independientes

La  $\beta$ -convergencia se calcula mediante el logaritmo neperiano del PIB *per capita* del año inicial, para cada cuatrienio analizado ( $\ln PIB_{pc0}$ ).

La capacidad de innovación ( $I_{i,t}$ ) se aproxima mediante el número de artículos científicos publicados por cada 100 habitantes (*artículos*), esperándose una relación positiva con el ritmo de crecimiento. Este indicador es uno de los recomendados por el *Manual de Frascati* de la OCDE (2002) para la medición de la capacidad de innovación de los países<sup>11</sup>. La puesta en común a nivel internacional de procedimientos y definiciones para la evaluación de la capacidad de innovación ha resultado poco exitosa. Según Spinak (2011), esta situación se debe principalmente a que las herramientas que han sido aceptadas para evaluar la producción científica de algunos países, no son suficientes, ni adecuadas para evaluar la ciencia y tecnología en los países menos desarrollados. En lo que sí se ha llegado a un consenso dentro de la comunidad científica, en general, es que la principal unidad de análisis para evaluar la investigación son las publicaciones científicas, por su disponibilidad y objetividad.

Los flujos de ayuda se analizan mediante la AOD canalizada a los PED por los organismos multilaterales de desarrollo y por los donantes bilaterales (del CAD y otros países donantes que no son miembros de este Comité pero que sí reportan información). Los datos se extraen de la base CRS (*Creditor Reporting System*) del CAD (2011) y se utilizan los “compromisos” de AOD por tratarse de la información disponible más completa y rigurosa<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> El *Manual de Frascati* define e identifica las categorías de las actividades de *Investigación y Desarrollo* (I+D), y constituye la referencia básica para determinar las actividades de I+D.

<sup>12</sup> La cuantía de la ayuda se puede expresar en función de los *compromisos* asumidos por el donante o de los *deseMBOLSOS* (netos o brutos) finalmente realizados; los compromisos se definen como una “obligación firme,

Las dos variables de ayuda ( $AOD^{CT}$  y  $AOD^{noCT}$ ) se transforman mediante el logaritmo neperiano por dos razones: para reducir la heterocedasticidad y la dispersión entre las observaciones, y para linealizar la relación entre ayuda y crecimiento<sup>13</sup>.

Para computar los recursos de AOD-CT se utiliza la definición propuesta por UNCTAD (2007), que identifica 28 sectores (de acuerdo con la clasificación sectorial del CAD) que se integran en dos modalidades principales de ayudas: “ayudas para la investigación y el desarrollo tecnológico” (agrícola, forestal, pesquera, educativa, sanitaria, energética y medioambiental) y “ayudas para la adquisición de competencias avanzadas y específicas” (formación profesional, enseñanza superior, fomento de capacidades estadísticas, extensión agraria y varios tipos de formación referida a sectores sociales, productivos y comerciales).

Esta clasificación engloba, por tanto, las iniciativas de cooperación orientadas al desarrollo de competencias avanzadas de los recursos humanos y a la creación de infraestructura institucional para la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

En relación con el vector de variables condicionantes del impacto de la ayuda en los países receptores ( $R_{i,t}$ ), se utilizan tres *proxies* para analizar su efecto interactivo con la ayuda:

- La calidad institucional de los países receptores, asumiéndose que la ayuda resulta más eficaz en aquellos países con contextos políticos e institucionales “saludables”. Este supuesto es heredero de los estudios pioneros de eficacia de la ayuda realizados por el *Grupo de Investigación sobre el Desarrollo* del Banco Mundial (Burnside y Dollar, 2000 y 2004), que sostienen que el impacto sobre el

---

expresada por escrito y respaldada por los fondos necesarios” (CAD, 2011a), mientras que los desembolsos son los “registros reales de la transferencia internacional de recursos financieros”. En todo caso, el CAD no recomienda utilizar la información que facilita la base de datos CRS sobre los desembolsos de ayuda anteriores al año 2002, debido a su escasa cobertura, inferior al 60% de las actividades de AOD. A partir de este año la cobertura asciende al 90% y alcanza el 100% de 2007 en adelante. En cambio, la cobertura de la información sobre compromisos es muy superior: del 70% en 1995, del 90% en 2000 y del 100% a partir de 2003.

<sup>13</sup> La relación entre ayuda y crecimiento no es lineal debido a la existencia de rendimientos marginales decrecientes en la ayuda. Distintos estudios empíricos han verificado la concavidad de la relación ayuda-crecimiento, desde el estudio temprano de Dudley y Montmarquette, (1976), hasta los estudios más recientes de Hansen y Tarp (2001), Lensink y White (2001), Collier y Dollar (2002) y Clemens *et al.* (2004).

crecimiento depende de las buenas prácticas políticas de los PED. De acuerdo con la revisión de Tezanos (2010) sobre la literatura de eficacia de la ayuda, los estudios recientes sugieren que la ayuda ha resultado especialmente eficaz —*ceteris paribus*— cuando los países socios disponen de *instituciones de calidad*. En este sentido, las características institucionales —entendidas en un sentido amplio— que se han revelado importantes para la eficacia de la ayuda son: el respeto de las libertades políticas y civiles, y el imperio de la ley (*rule of law*) (Burnside y Dollar, 2004); la estabilidad del sistema político (Chauvet y Guillaumont, 2004); la estabilidad macroeconómica (Durberry *et al.*, 1998); y las prácticas democráticas (Svensson, 1999; Kosack, 2002).

En la presente Tesis Doctoral se emplean indicadores de gobernabilidad desarrollados por Kaufmann, Kraay y Mastruzzi (2011), que ofrecen información completa en torno a seis dimensiones de la gobernabilidad: *i*) voz y rendición de cuentas, *ii*) estabilidad política y ausencia de violencia, *iii*) efectividad gubernamental, *iv*) calidad regulatoria, *v*) estado de derecho, y *vi*) control de la corrupción. Los indicadores de gobernabilidad se construyen mediante la metodología de los componentes no observados y su distribución está centrada en cero y tiene una dispersión aproximada de  $\pm 2,5$ , lo que permite agregar varias dimensiones en un solo indicador. Concretamente, se agregan las seis dimensiones de buen gobierno a través de la media aritmética (*Gobernabilidad*).

- Los shocks económicos, se asume que la ayuda puede resultar especialmente eficaz “suavizando” los efectos adversos sobre el proceso de crecimiento. En este estudio se evalúa los *shocks* comerciales (como hicieron Collier y Dehn, 2001; Guillaumont y Chauvet, 2001; Chauvet y Guillaumont, 2004; y Collier y Goderis, 2008), utilizando como *proxy* la evolución de los términos de intercambio (porcentaje que representa el índice de precios de exportación sobre el índice de precios de importación) (*Volcom*).

- La existencia de desventajas estructurales que limitan las oportunidades de progreso, se asume que el impacto de la ayuda puede resultar especialmente alto en países con este tipo de desventajas. En este estudio se emplea la *proxy* utilizada por

Dalgaard *et al.* (2004): proporción de la superficie territorial de un país ubicada dentro de los trópicos (*Tropical*).

En relación con el vector de otras variables explicativas del crecimiento ( $Z_{i,t}$ ), se utilizan cuatro *proxies* adicionales:

- La calidad institucional y de gobierno, que influye positivamente en el crecimiento económico (Kaufmann y Kraay, 2002; Kaufmann, Kraay y Mastruzzi, 2009; Alonso y Garcimartín, 2008). De nuevo se utiliza como *proxy* la variable de *Gobernabilidad* antes descrita<sup>14</sup>.
- El capital humano de los países receptores, se asume una contribución positiva al ritmo de crecimiento (De la Fuente y Doménech, 2006 y Lucas, 1988). Esta variable se aproxima mediante el promedio de años de educación alcanzado por las personas mayores de 25 años (*Kh*).
- Las desigualdades, que afectan negativamente al crecimiento económico (Easterly, 2002)<sup>15</sup>, y que se evalúan a través del índice Gini de desigualdad de rentas (*Gini*).
- La dotación de recursos naturales, que se asume que afecta negativamente a la tasa de crecimiento, tal y como predice la denominada hipótesis de la “maldición de los recursos naturales” (Sachs y Warner, 1999; Bravo-Ortega y De Gregorio, 2005; Leite y Weideman, 2002; e Isham *et al.*, 2005). En este trabajo se aproxima esta variable mediante la tasa de exportaciones de petróleo respecto del total de exportaciones de mercancías (*Expetrol*).
- La inestabilidad macroeconómica, que incide negativamente en el crecimiento (Fischer, 1993). Como *proxy* se utiliza la tasa de inflación (*Inflación*).

---

<sup>14</sup> Nótese que esta variable actúa simultáneamente como condicionante del impacto de la ayuda (véase parámetro  $\delta_4$  de la ecuación [5]) y como factor endógeno de crecimiento (parámetro  $\delta_8$ ).

<sup>15</sup> Véanse revisiones de la literatura sobre la relación entre crecimiento e igualdad en Alonso (2005) y Domínguez (2009).



En suma, la ecuación de regresión tiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 G_{i,t} = & \beta \ln PIBpc0_{i,t} + \delta_1 Articulos_{i,t} + \delta_2 \ln AOD_{i,t}^{CT} + \delta_3 AOD_{i,t}^{CT} \cdot Articulos_{i,t} + \\
 & + \delta_4 AOD_{i,t}^{CT} \cdot Gobernabilidad_{i,t} + \delta_5 AOD_{i,t}^{CT} \cdot Volcom_{i,t} + \delta_6 AOD_{i,t}^{CT} \cdot Tropical_{i,t} + \\
 & + \delta_7 \ln AOD_{i,t}^{noCT} + \delta_8 Gobernabilidad + \delta_9 Kh - \delta_{10} Gini_{i,t} - \delta_{11} Expetrol - \delta_{12} Inflación + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \quad [6]$$

En este modelo de regresión hay ocho variables que pueden no ser estrictamente exógenas: la renta *per capita* inicial, la AOD-CT, la gobernabilidad, los *shocks* económicos y las cuatro variables interactivas de la AOD-CT. Por eso, la estimación del modelo requiere verificar la exogeneidad de estas variables y, para aquellas que no se revelen estrictamente exógenas, instrumentalizarlas adecuadamente. En todo caso, puesto que expandir el número de instrumentos resulta en estimaciones ineficientes, se aplica la regla práctica propuesta por Roodman (2008 y 2009) de limitar el número de instrumentos al número de países incluidos en el análisis<sup>16</sup>.

Finalmente, la estimación incluye *dummies* temporales para reducir el grado de autocorrelación entre los países y el término de error ideosincrático, lo que facilita la robustez de los estimadores (Roodman, 2009).

### 3.6. Muestra de países y estructura temporal

La población objetivo incluye a los 162 PED que recibieron AOD en alguno de los 16 años incluidos en nuestro periodo de análisis (1993-2008), de acuerdo con la base CRS del CAD. No obstante, 99 países son finalmente excluidos del análisis por no disponer de la información necesaria<sup>17</sup>. Los 63 países y 183 observaciones finalmente analizados se detallan en el **Anexo 5**.

<sup>16</sup> En este caso, se dispone de 63 países y se emplea un número muy inferior de instrumentos, 22.

<sup>17</sup> Se trata de países con menos de un millón de habitantes, en su mayoría islas (Antigua y Barbuda, Bahrein, Bermudas, Brunei, Cabo Verde, Comoras, Dominica, Tuvalu, Kiribati, Macao, Nueva Caledonia, Islas Marshall, Aruba, Barbados, Bahamas, Guyana, Malta, Micronesia, Polinesia Francesa, Palau, Santo Tomé y Príncipe, Seychelles, Islas Salomón, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Tonga, Trinidad y Tobago, y Vanuatu), países de los que apenas se dispone de información estadística (por ejemplo, Afganistán, Cuba, Fiyi, Haití, Papua Nueva Guinea, Madagascar, Mauricio, Corea del Norte,

La literatura de eficacia de la ayuda ha recurrido frecuentemente a la composición de paneles de datos consistentes en cuatrienios o quinquenios consecutivos, con la mayor parte de las variables promediadas en esos periodos. Se trata de un procedimiento alternativo a las regresiones de crecimiento “tipo Barro” con promedios temporales más largos, en las que se afronta un problema de atribución del efecto de la ayuda. En última instancia, la elección entre lapsos de cuatro o cinco años no ha sido empíricamente justificada y resulta, por lo tanto, arbitraria. Se opta por utilizar cuatrienios, por ser la opción más frecuentemente utilizada, y porque maximiza la dimensión temporal de la muestra.

Respecto a la elección del periodo de estudio, 1993-2008, se utiliza el periodo más largo posible con información completa de los flujos de AOD-CT que reporta la base de datos del CAD.

---

Guinea Ecuatorial, Irak y Timor Oriental), países cuya independencia no ha sido reconocido oficialmente (Palestina) y regiones autónomas vinculadas a otro Estado (Puerto Rico y Hong Kong).



# CAPITULO 4

## RESULTADOS DEL MODELO DE IMPACTO DE LA AYUDA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

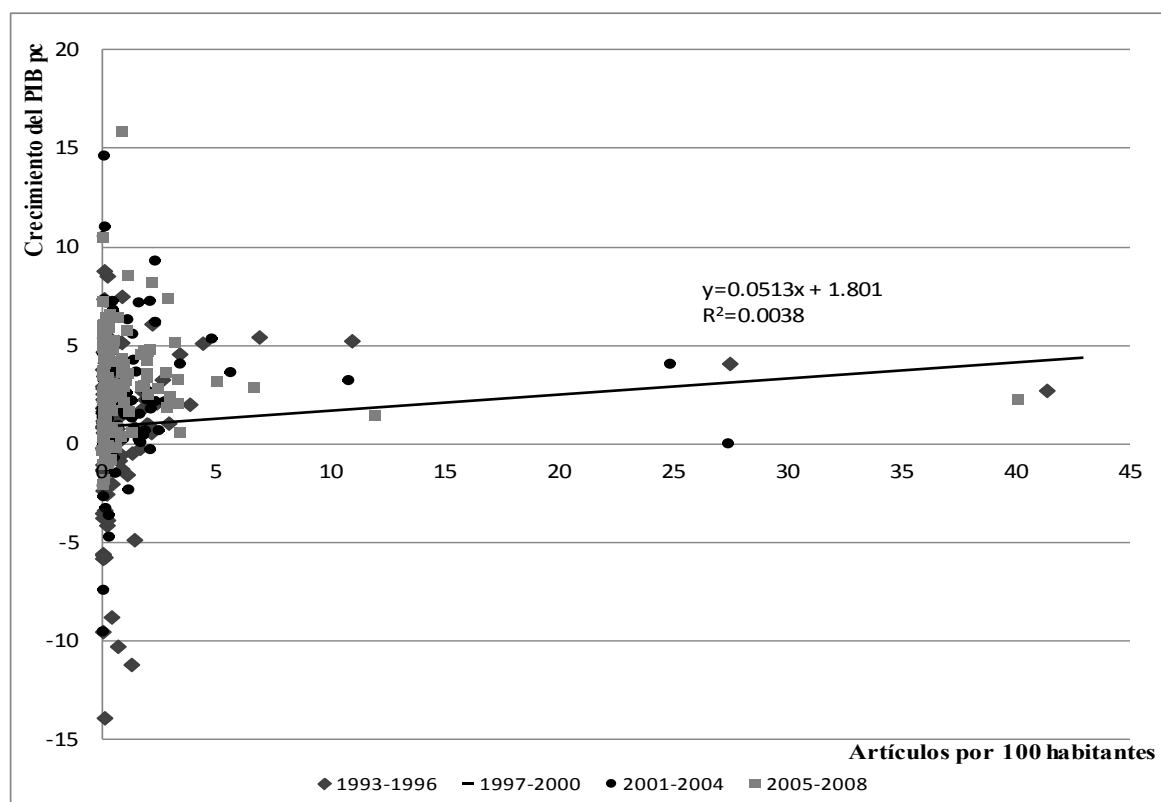
- 4.1. Introducción
- 4.2. Resultados del modelo de impacto de la ayuda científico-tecnológica
- 4.3. Análisis de la robustez de la estimación
  - 4.3.1. Problemas de multicolinealidad
  - 4.3.2. Problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación
- 4.4. Conclusiones parciales

## **4.1. Introducción**

Como se explicó en el primer capítulo, uno de los resultados más robustos y unánimes de la investigación económica aplicada es precisamente que la innovación es el principal determinante del progreso económico de las naciones. Por eso, sorprende constatar que los estudios sobre la eficacia macroeconómica de la ayuda internacional nunca han considerado el impacto que tienen las ayudas destinadas a desarrollar las capacidades de innovación de los (PED), a pesar de que su impacto potencial es especialmente elevado.

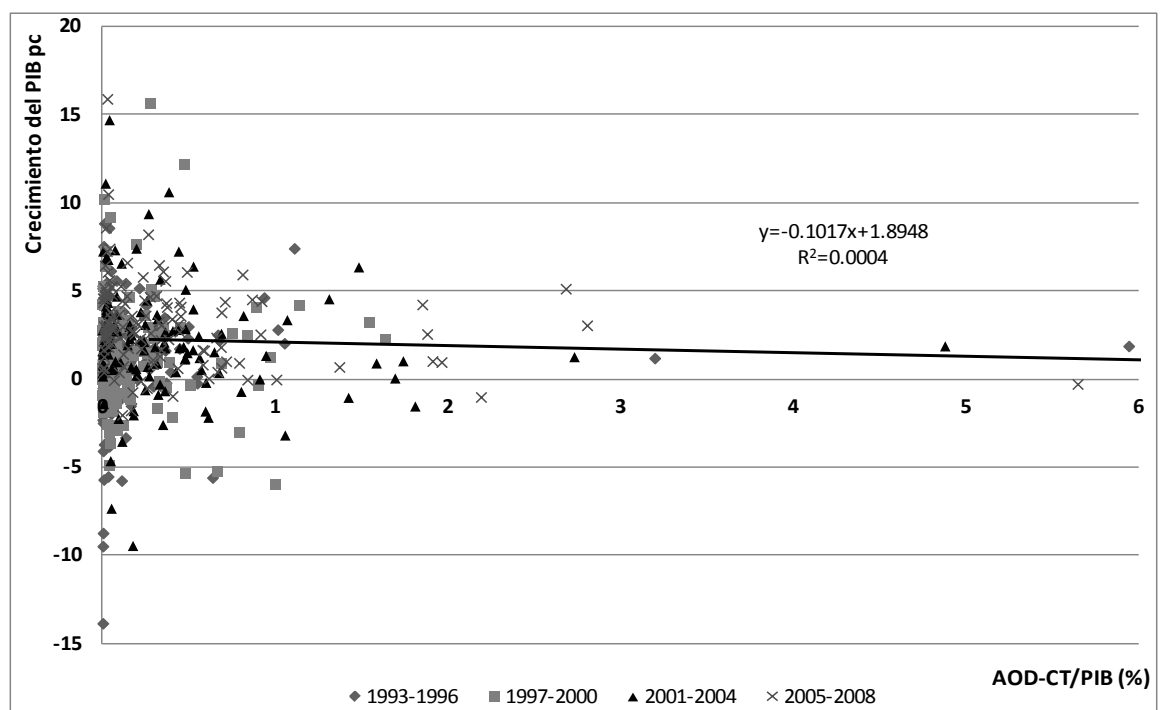
Lo cierto es que entre 1993 y 2008 la relación existente entre la capacidad de innovación de los países (aproximada mediante el número de artículos científicos publicados por cada 100 habitantes) y su ritmo de crecimiento económico parece haber sido positiva, si bien existe una elevada dispersión entre las observaciones (**Gráfico 4.1**). En cambio, la Ayuda Oficial al Desarrollo para Ciencia y Tecnología (AOD-CT) muestra una relación lineal negativa con el crecimiento, lo que revelaría un aparente escenario de “ineficacia” de este tipo de ayudas (**Gráfico 4.2**). Sin embargo, estos resultados preliminares de regresión se ven sesgados por el hecho de que los PED con menores ritmos de crecimiento han recibido mayores cuotas de AOD-CT, precisamente porque la ayuda internacional pretende contribuir especialmente al desarrollo de los países con mayores dificultades. La ayuda científico-tecnológica es, por tanto, una variable “endógena” que presenta un doble sentido de relación con el crecimiento.

**Gráfico 4.1.** Relación entre capacidad de innovación y crecimiento económico. 1993-2008



Fuente: CAD (2011) y Banco Mundial (2011). *Elaboración propia.*

**Gráfico 4.2.** Relación entre AOD-CT y crecimiento económico. 1993-2008



Fuente: CAD (2011). *Elaboración propia.*

Después de esta introducción, en el segundo epígrafe de este capítulo se ofrecen los resultados obtenidos del modelo de impacto de la AOD-CT sobre el ritmo de crecimiento de los PED. Dado que la estimación de un modelo de eficacia de la AOD-CT plantea problemas econométricos, en el tercer epígrafe se verifica la robustez de las estimaciones. Finalmente, el cuarto epígrafe resume las principales conclusiones del estudio y ofrece propuestas de política económica para aumentar la eficacia de las políticas públicas de cooperación internacional para el desarrollo.

## **4.2. Resultados del modelo de impacto de la ayuda científico-tecnológica**

En términos agregados, la ayuda para la ciencia y la tecnología ha ejercido un impacto positivo y estadísticamente significativo sobre la tasa de crecimiento del PIB *per capita* de los PED en el periodo 1993-2008, como revela el coeficiente estimado para la AOD-CT (**Cuadro 4.1**). Más concretamente, de acuerdo con las estimaciones, un incremento de un 1% en las donaciones de AOD-CT puede elevar la tasa de crecimiento en torno a 0,007 puntos porcentuales<sup>1</sup>. Aunque pueda parecer un impacto limitado, en realidad, se trata de un efecto relevante, teniendo en cuenta que la aportación de la AOD-CT al PIB de los países de la muestra es muy limitada, suponiendo aproximadamente el 0,18% (ver **Cuadro 4.2**). Además, este resultado no tiene en cuenta otros factores determinantes de la eficacia de la ayuda (como la buena gobernanza, las crisis económicas y las desventajas estructurales). En cambio, el modelo estima un coeficiente positivo, pero estadísticamente no significativo, para el resto de la ayuda (es decir, los recursos no destinados a innovación).

---

<sup>1</sup> Dado que la ayuda está expresada en logaritmos, la interpretación del efecto de la ayuda sobre la tasa de crecimiento requiere dividir entre 100 el coeficiente estimado  $\delta_2$ , lo que refleja el aumento de la tasa de crecimiento (en puntos porcentuales) que genera un incremento relativo de un 1% en la variable ayuda (Gujarati, 2003, cap.6).

Cuadro 4.1. Estimación del modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica

	Coefficientes	Errores estándar corregidos	<i>t</i>	<i>P</i> >  <i>t</i>	[Intervalo de confianza 95%]	
<i>lnPIBpc0</i>	<b>1,520177</b>	0,709696	2,14	<b>0,032</b>	0,129199	2,911155
<i>Artículos</i>	<b>0,277259</b>	0,143243	1,94	<b>0,053</b>	-0,003494	0,558011
<i>lnAOD<sup>CT</sup></i>	<b>0,661223</b>	0,353439	1,87	<b>0,061</b>	-0,031504	1,353950
<i>AOD<sup>CT</sup> · Artículos</i>	<b>-6,213506</b>	3,163518	-1,96	<b>0,050</b>	-12,41389	-0,01312
<i>AOD<sup>CT</sup> · Gobernabilidad</i>	2,208733	1,908986	1,16	0,247	-1,532811	5,950277
<i>AOD<sup>CT</sup> · Volcom</i>	0,010722	0,009868	1,09	0,277	-0,008619	0,030063
<i>AOD<sup>CT</sup> · Tropical</i>	-0,006159	0,019658	-0,31	0,754	-0,044688	0,032370
<i>lnAOD<sup>noCT</sup></i>	0,093359	0,142966	0,65	0,514	-0,186849	0,373567
<i>Gobernabilidad</i>	0,092372	1,395625	0,07	0,947	-2,643003	2,827746
<i>Kh</i>	-0,39696	0,636809	-0,62	0,533	-1,645083	0,851162
<i>Gini</i>	<b>-0,131204</b>	0,062656	-2,09	<b>0,036</b>	-0,254008	-0,008400
<i>Expetrol</i>	-0,020073	0,016875	-1,19	0,234	-0,053147	0,013001
<i>Inflacion</i>	-0,004165	0,009344	-0,45	0,656	-0,022479	0,014149
<b>Tests de post-estimación (<i>p</i>-valores)</b>						
$\chi^2$ (22, 63) = 0,000						
Sargan = 0,976						
Hansen = 0,964						
Arellano-Bond AR(1) = 0,004						
Arellano-Bond AR(2) = 0,893						

Muestra:            N° observaciones = 183                      N° de grupos (países) = 63  
                          N° periodos: 4 cuatrienios (1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008)  
                          Obs. por grupo:   min = 1                      promedio = 2,9                      max = 4  
                          N° de instrumentos = 22

Instrumentos para las ecuaciones del sistema GMM: *lnPIBpc0*, *Gobernabilidad* y *AOD<sup>CT</sup> · Gobernabilidad* (retardos (2/.), variables endógenas).

Estimación GMM de sistema en dos etapas, con errores estándar y covarianzas de White consistentes ante heteroscedasticidad, matriz de instrumentos colapsada y corrección de Windmeijer para muestras finitas. Se incluyen *dummies* temporales en todas las regresiones; *p*-valores entre paréntesis. Véase cuadro 3.1. para explicación de las variables.

Además, el término interactivo entre AOD-CT e innovación también resulta estadísticamente significativo, con un coeficiente estimado negativo. Este resultado es



especialmente interesante, en tanto que sugiere que el impacto de la ayuda-CT puede ser mayor en los países con menores capacidades de innovación, lo que justificaría un mayor énfasis en la asignación de estos recursos a dichos países.

Respecto a las características de las economías receptoras que condicionan el crecimiento económico, dos se muestran estadísticamente significativas: de una parte, la capacidad de innovación influye positivamente en el crecimiento, de tal modo que —de acuerdo con la estimación— un incremento de un 1% en el número de artículos científicos publicados por el país (por cada cien habitantes) genera un estímulo de más de 0,28 puntos porcentuales en la tasa de crecimiento, lo que respalda el argumento de que la innovación es el principal determinante del progreso económico.

De otra parte, las desigualdades de rentas actúan en detrimento del progreso económico, hasta el punto de que un aumento de un 1% en el índice de Gini detrae, aproximadamente, 0,13 puntos porcentuales de la tasa de crecimiento. Este resultado puede deberse a que las desigualdades son generadoras de males públicos (como el crimen, la violencia y la inseguridad), que coartan las posibilidades de inversión y crecimiento de un país (Fajnzylber *et. al.*, 1998), y a que las desigualdades limitan la capacidad productiva de una economía como consecuencia de la exclusión de las personas pobres del mercado de crédito, lo que les impide financiar proyectos empresariales que les permitan salir de la pobreza. Además, en promedio, las personas pobres tienen un mayor número de hijos, lo que dificulta la inversión en educación y hace más difícil la salida de la pobreza, “perpetuando” los problemas de desigualdad (lo que, de nuevo, afectará negativamente al crecimiento) (Alonso, 2005).

Finalmente, respecto a la existencia de  $\beta$ -convergencia, la regresión arroja un coeficiente estimado positivo y estadísticamente significativo, lo que caracteriza un posible escenario de divergencia (con un estimador del parámetro  $\beta$  aproximadamente igual a 1,64). Este resultado se debe tanto al ritmo de crecimiento comparativamente más lento de algunos de los países más pobres incluidos en la muestra (por ejemplo, países de rentas bajas y medias-bajas como Burundi, Benin, Bolivia, Camerún, Costa de Marfil, El Salvador, Nicaragua, Paquistán y Yemen), como al ritmo vertiginoso de crecimiento experimentado en los últimos años por los países emergentes de rentas medias (China, Brasil e India), lo

que implica un ensanchamiento de la brecha de ingresos *per capita* en el mundo en desarrollo.

En relación con la bondad de ajuste del modelo, el *test* de significatividad conjunta rechaza rotundamente que todos los coeficientes sean simultáneamente iguales a cero (véase el *p*-valor = 0 en el **Cuadro 4.1**). Además, los *tests* de Sargan y Hansen para la validez conjunta de los instrumentos no son rechazados, al igual que sucede con el *test* de Arellano-Bond para autocorrelación en el término de error idiosincrático. Consiguientemente, los resultados de estos *test* de post-estimación respaldan la validez de las estimaciones.

Asimismo, la estimación ofrece un ajuste razonable, si bien existen 15 datos atípicos que conviene analizar (**Cuadro 4.2**):

**Cuadro 4.2.** Listado de casos atípicos del panel de datos

País	Periodos	$g$	$\hat{g}$	Residuos	$\ln PIBpc$	$0 \ln AOD^{CT}$	$AOD^{CT}$	$AOD^{CT}.$	Artículos	Gini
Belice	2005-2008	-0,1051	3,6810	-3,7860	8,2178	-2,7280	0,0653	0,0015	0,0228	54,52
Brasil	1993-1996	1,7929	-1,3612	3,1541	8,1264	-6,9346	0,0010	0,0002	0,1723	59,38
Burundi	1993-1996	-5,7961	0,0938	-5,8899	4,9631	-2,2075	0,1100	0,0001	0,0009	43,70
China	2005-2008	8,5477	3,1859	5,3618	7,2890	-3,9500	0,0193	0,0022	0,1126	41,53
Ecuador	2001-2004	3,0009	-1,1854	4,1863	7,2054	-2,6414	0,0713	0,0010	0,0145	61,78
Irán	2001-2004	3,6739	0,5690	3,1049	7,3877	-3,3969	0,0335	0,0049	0,1478	44,00
Jordania	1993-1996	0,6879	3,9372	-3,2493	7,4146	-3,4214	0,0327	0,0047	0,1434	36,00
Malasia	1993-1996	5,1572	1,1087	4,0485	8,0585	-5,6379	0,0036	0,0003	0,0830	48,52
Panamá	2005-2008	6,4176	2,9122	3,5054	8,3985	-4,3233	0,0133	0,0009	0,0683	54,93
Tailandia	1997-2000	-1,0591	1,9646	-3,0236	7,6276	-3,9411	0,0194	0,0005	0,0238	42,68
Turquía	1993-1996	-1,5433	3,2653	-4,8086	8,1874	-4,4408	0,0118	0,0013	0,1073	41,53
Turquía	2005-2008	2,0459	5,4216	-3,3757	8,4510	-3,7762	0,0229	0,0076	0,3319	42,19
Uruguay	1997-2000	-0,3154	3,1704	-3,4858	8,8540	-3,9046	0,0201	0,0024	0,1215	44,87
Uruguay	2001-2004	0,4598	3,6826	-3,2228	8,8046	-4,4757	0,0114	0,0020	0,1790	44,90
Zambia	1993-1996	-3,3528	0,1765	-3,5293	5,9104	-2,0177	0,1330	0,0012	0,0087	51,20

Notas: \* Se listan los casos con  $|\hat{e}_{it}| > 3$

$\hat{g}$  : tasa de crecimiento estimada por el modelo

- i. Belice decreció al -0,1% interanual entre 2005 y 2008; sin embargo, el modelo predice un crecimiento positivo debido, principalmente, a que el país se ubica por encima de la renta *per capita* media.
- ii. Brasil creció al 1,7% en el primer cuatrienio, mientras que el modelo predecía una tasa negativa, debido a su elevado nivel de desigualdad y a su la escasa recepción de AOD-CT. Hay que hacer mención que este país pertenece a los llamados BRIC (siglas que se utilizan para referirse conjuntamente a Brasil, Rusia, India y China), que tiene en común una gran población y un enorme territorio, lo que les proporciona dimensiones estratégicas continentales y una gigantesca cantidad de recursos naturales y, lo más importante, las enormes cifras que han presentado de crecimiento de su PIB y de participación en el comercio mundial en los últimos años, lo que los hace atractivos como destino de inversiones.
- iii. Burundi decreció casi al 6% interanual en el primer periodo, y esto se debió al episodio de violencia e inestabilidad política vivido en 1993, cuando se produjeron enfrentamientos entre hutus y tutsis y fueron asesinados varios dirigentes políticos.
- iv. China creció 2,7 veces más rápido de lo estimado en el cuatrienio más reciente, con una recepción relativamente baja de AOD-CT. Este país también pertenece a los llamados BRIC como Brasil.
- v. Ecuador también creció más rápido de lo estimado en el periodo 2001-2004, a pesar de su limitada capacidad de innovación, su escasa recepción de AOD-CT y su elevado nivel de desigualdad.
- vi. La tasa de crecimiento de Irán en el tercer cuatrienio fue tres puntos porcentuales más alta de lo prevista, habiendo recibido una cantidad muy limitada de AOD-CT.
- vii. Jordania creció menos de lo estimado en el periodo 1993-1996, a pesar de sus niveles comparativamente mayores de renta *per capita* y, sobre todo, de innovación.
- viii. Malasia logró una tasa de crecimiento cuatro puntos porcentuales más alta de lo prevista en el primer cuatrienio, y ello con una aportación marginal de AOD-CT y un nivel de desigualdad ligeramente por encima de la media.

- ix. Panamá también creció por encima de lo previsto en el último cuatrienio, a pesar de su limitada capacidad de innovación, su escasa recepción de AOD-CT y su elevado nivel de desigualdad.
- x. Tailandia decreció al -1% en el segundo periodo, mientras que el modelo predice un crecimiento cercano al 2% como consecuencia de su nivel de renta por encima de la media, y su reducido nivel de desigualdad. Esta discrepancia responde a la crisis financiera asiática de 1997, que afectó severamente a Tailandia cuando el valor del baht tailandés cayó en picado (de 25 bahts por dólar a 56 bahts por dólar).
- xi. Turquía, en el primero y en el último cuatrienios, experimentó tasas de crecimiento más bajas de lo previsto por el modelo, a pesar de su nivel comparativamente más elevado de renta, su elevada capacidad de innovación y su moderado nivel de desigualdad.
- xii. Uruguay también experimentó tasas de crecimiento más bajas de lo previsto por el modelo, en los cuatrienios 1997-2000 y 2001-2004, a pesar de su nivel comparativamente más elevado de renta, su elevada capacidad de innovación y su moderado nivel de desigualdad.
- xiii. Finalmente, Zambia decreció al -3,3% interanual en el primer cuatrienio; sin embargo, el modelo predice un crecimiento positivo del 0,1% debido, principalmente, a su elevada recepción de AOD-CT.

### **4.3. Análisis de la robustez de la estimación**

La estimación de un modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica –o, en términos más generales, de un modelo de crecimiento endógeno– plantea algunos problemas econométricos. A continuación se detallan las particularidades del diseño que garantizan una mayor robustez de los resultados, así como las comprobaciones realizadas. En todo caso, debe alertarse que el uso de paneles de datos en la investigación económica aplicada aporta algunas ventajas adicionales derivadas de la combinación de informaciones de corte transversal y de series de tiempo que “suavizan” los riesgos de estimación asociados a cada uno de estos tipos de análisis (heteroscedasticidad y autocorrelación)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> En especial, Baltagi (2001) y Hsiao (2003) identifican seis ventajas de los paneles de datos especialmente relevantes para nuestro análisis: el tratamiento de la heterogeneidad, el incremento del número de

### **4.3.1. Problemas de multicolinealidad**

La existencia de multicolinealidad entre las variables explicativas no vulnera la insesgadez de los estimadores, pero puede afectar seriamente la eficiencia de la estimación, al igual que sucede si apenas existe variabilidad en la variable dependiente. Como consecuencia, los errores serán muy elevados y las estimaciones muy sensibles a la incorporación, o a la exclusión, de observaciones o variables adicionales (Maddala, 2000 y Gujarati, 2003).

En el presente análisis es razonable pensar que ciertas regresoras incluidas en un mismo vector de variables explicativas puedan estar correlacionadas entre sí, puesto que tratan de captar determinantes semejantes del crecimiento económico. Este es el caso de las variables incluidas en los vectores *R* y *Z* de la ecuación [3] del capítulo 3. Como primera medida preventiva de multicolinealidad, las variables han sido seleccionadas tratando de evitar redundancias informativas. Asimismo, el elevado número de observaciones incluidas en el análisis (183) y la alta variabilidad registrada en la variable dependiente garantizan la eficiencia de los resultados.

En concreto, se han desarrollado dos pruebas para descartar la existencia de un problema severo de multicolinealidad:

En primer lugar, para contrastar la sensibilidad de la estimación se estimó el modelo omitiéndose aleatoriamente algunas observaciones, no encontrándose evidencia a favor de la existencia de multicolinealidad<sup>3</sup>.

En segundo lugar, las correlaciones de orden cero (es decir, entre dos variables) de las regresoras no ofrecen tampoco indicios de multicolinealidad. El **Cuadro 4.3** muestra la matriz de correlaciones del conjunto completo de variables explicativas utilizadas en el análisis. La primera columna de datos ofrece los pares de correlación entre la variable

---

observaciones disponibles, la mayor variabilidad entre los datos, la menor colinealidad entre las variables, el mayor número de grados de libertad, la mayor eficiencia en las estimaciones y la minimización del sesgo que pudiera resultar de la inclusión de nuevos casos en el estudio.

<sup>3</sup> La sensibilidad de las estimaciones a pequeños cambios en las variables y en las observaciones puede ser tanto muestra de multicolinealidad como de una incorrecta especificación del modelo (Gujarati, 2003, pág. 359).

explicada (tasa de crecimiento del PIB *per capita*) y cada una de las variables explicativas, lo cual indica, de manera preliminar, el signo y la importancia de las relaciones de asociación (sin tener en cuenta el efecto conjunto de las variables explicativas del crecimiento). Así, las correlaciones del crecimiento son positivas y especialmente elevadas respecto de las variables de gobernabilidad y capital humano; en cambio, las correlaciones son negativas y elevadas respecto de la desigualdad y la inflación.

Las 13 siguientes columnas de datos muestran las correlaciones por pares de variables explicativas, las mayores de las cuales presentan valores razonablemente bajos<sup>4</sup>. Destacan, sin embargo, tres valores elevados:

- i. La correlación entre  $AOD^{CT} \cdot Volcom$  y  $AOD^{CT} \cdot Trop$  (+0,909), que se debe al hecho de que la variable tropical es invariante en el tiempo.
- ii. La correlación entre *Gobernabilidad* y  $lnPIBpc0$  (+0,71), debido a que los países con mayores rentas presentan mejores registros de buen gobierno.
- iii. La correlación entre  $AOD^{CT}$  y  $AOD^{noCT}$  (+0,77), lo que revela que estas dos modalidades de ayuda tienden a distribuirse geográficamente de la misma manera (es decir, los países que más AOD-CT reciben tienden a ser también los que perciben más recursos del resto de modalidades de ayuda).

No obstante, estas elevadas correlaciones no alteran significativamente los resultados de la regresión, como puede comprobarse al correr de nuevo el modelo de regresión eliminando sucesivamente cada una de las variables que presenta elevados coeficientes de correlación ( $AOD^{CT} \cdot Trop$ , *Gobernabilidad* y  $AOD^{noCT}$ ) (**Cuadro 4.4**).

<sup>4</sup> Gujarati (2003, pág. 345) ofrece el valor tentativo de 0,8 como límite a partir del cual la multicolinealidad se convierte en un “problema grave”.

**Cuadro 4.3.** Matriz de correlaciones por pares de las variables incluidas en el análisis

	<i>g</i>	<i>ln PIBpc0</i>	<i>ln AOD<sup>CT</sup></i>	<i>ln AOD<sup>noCT</sup></i>	<i>AOD<sup>CT</sup>, Artículos</i>	<i>AOD<sup>CT</sup>, Gobernabilidad</i>	<i>Gobernabilidad</i>	<i>AOD<sup>CT</sup>, Volcom</i>	<i>AOD<sup>CT</sup>, Tropical</i>	<i>Artículos</i>	<i>Gini</i>	<i>Kh</i>	<i>Expetrol</i>	<i>Inflación</i>
<i>g</i>	1,0000													
<i>ln PIBpc0</i>	0,0780	1,0000												
<i>ln AOD<sup>CT</sup></i>	0,0469	-0,5423	1,0000											
<i>ln AOD<sup>noCT</sup></i>	-0,0775	-0,7145	0,7735	1,0000										
<i>AOD<sup>CT</sup>, Artículos</i>	0,0810	0,1208	0,3495	0,1903	1,0000									
<i>AOD<sup>CT</sup>, Gobernabilidad</i>	0,0741	0,3749	-0,3609	-0,3116	0,0160	1,0000								
<i>Gobernabilidad</i>	0,1014	0,7113	-0,2371	-0,3243	0,1426	0,4155	1,0000							
<i>AOD<sup>CT</sup>, Volcom</i>	-0,0169	-0,2929	0,6317	0,4105	0,3515	-0,4270	-0,0694	1,0000						
<i>AOD<sup>CT</sup>, Tropical</i>	-0,0598	-0,2172	0,5217	0,3360	0,2510	-0,2343	-0,0239	0,9094	1,0000					
<i>Artículos</i>	0,0619	0,3766	-0,2474	-0,2742	0,1206	0,0869	0,3328	-0,1015	-0,0870	1,0000				
<i>Gini</i>	-0,2050	0,2320	-0,2123	-0,1757	-0,2104	0,1382	0,2193	-0,1453	-0,0202	-0,0964	1,0000			
<i>Kh</i>	0,1725	0,5474	-0,3180	-0,3552	0,2358	0,2896	0,4465	-0,2499	-0,3963	0,3086	-0,0211	1,0000		
<i>Expetrol</i>	0,0092	0,1890	-0,2737	-0,3118	-0,1383	0,0743	0,1816	-0,1301	-0,1414	-0,0507	-0,0998	-0,0537	1,0000	
<i>Inflación</i>	-0,1603	-0,1210	0,0098	0,0643	-0,0226	-0,1304	-0,2280	0,0151	0,0344	-0,0910	-0,0910	-0,0282	-0,0201	1,0000

**Cuadro 4.4.** Re-estimación del modelo de eficacia de la ayuda científico-tecnológica sin incluir las variables explicativas con correlaciones elevadas

	[1]	[2]	[3]	[4]
<b>ln PIBpc0</b>	<b>1,520177</b> (0,032)	<b>1,510161</b> (0,032)	<b>1,586129</b> (0,039)	<b>1,528689</b> (0,031)
<b>Artículos</b>	<b>0,2772586</b> (0,053)	<b>0,2697485</b> (0,075)	<b>0,2678725</b> (0,048)	<b>0,240892</b> (0,084)
<b>ln AOD<sup>CT</sup></b>	<b>0,6612229</b> (0,061)	<b>0,6396501</b> (0,052)	<b>0,6655648</b> (0,069)	<b>0,7064022</b> (0,062)
<b>AOD<sup>CT</sup> · Artículos</b>	<b>-6,213506</b> (0,050)	<b>-5,942183</b> (0,033)	<b>-6,213052</b> (0,047)	<b>-6,10464</b> (0,048)
<b>AOD<sup>CT</sup> · Gobernabilidad</b>	2,208733 (0,247)	2,502509 (0,106)	2,252518 (0,135)	2,358579 (0,210)
<b>AOD<sup>CT</sup> · Volcom</b>	0,0107225 (0,277)	0,0084759 (0,441)	0,0114145 (0,252)	0,0116128 (0,234)
<b>AOD<sup>CT</sup> · Tropical</b>	-0,0061589 (0,754)		-0,0065875 (0,730)	-0,0053071 (0,787)
<b>ln AOD<sup>noCT</sup></b>	0,0933586 (0,514)	0,0907501 (0,527)	0,0803285 (0,552)	
<b>Gobernabilidad</b>	0,0923718 (0,947)	0,0835293 (0,953)		-0,0743938 (0,956)
<b>Kh</b>	-0,3969601 (0,533)	-0,3633199 (0,549)	-0,4761187 (0,467)	-0,418962 (0,516)
<b>Gini</b>	<b>-0,1312041</b> (0,036)	<b>-0,1327905</b> (0,04)	<b>-0,136988</b> (0,050)	<b>-0,128381</b> (0,036)
<b>Expetrol</b>	-0,0200732 (0,234)	-0,020139 (0,235)	-0,0227506 (0,058)	-0,0232863 (0,135)
<b>Inflación</b>	-0,0041647 (0,656)	-0,0041007 (0,666)	-0,0039629 (0,721)	-0,0041098 (0,657)
<b>Post-estimation tests (p-values)</b>				
$\chi^2$ (22,63)/(21,63)/ (19,63)/(21,63)	0	0	0	0
Sargan	0,976	0,978	0,95	0,976
Hansen	0,964	0,963	0,925	0,956
Arellano-Bond AR(1)	0,004	0,004	0,004	0,004
Arellano-Bond AR(2)	0,893	0,881	0,873	0,762

Muestra: N° observaciones = 183 N° de grupos (países) = 63  
N° periodos: 4 cuatrienios (1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008)  
Obs. por grupo: min = 1 promedio = 2,9 max = 4  
N° de instrumentos = 22

Instrumentos para las ecuaciones del sistema GMM: ln PIBpc0, Gobernabilidad y AOD<sup>CT</sup> · Gobernabilidad (retardos (2/.), variables endógenas).

Estimación GMM de sistema en dos etapas, con errores estándar y covarianzas de White consistentes ante heteroscedasticidad, matriz de instrumentos colapsada y corrección de Windmeijer para muestras finitas. Se incluyen *dummies* temporales en todas las regresiones; *p*-valores entre paréntesis.



### 4.3.2. Problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación

El componente de corte transversal del panel de datos es posible que vulnere, en alguna medida, el supuesto de homoscedasticidad, puesto que los PED analizados presentan características socio-económicas muy heterogéneas. Ante este escenario, la estimación MCO resultaría insesgada y consistente a pesar de la heteroscedasticidad, pero los estimadores no garantizarían la mínima varianza (resultando, por tanto, ineficientes, incluso asintóticamente). Asimismo, el componente longitudinal del panel introduce el riesgo de que el término de error esté correlacionado con las regresoras (autocorrelación), lo cual violaría el supuesto del modelo clásico de regresión lineal de aleatoriedad y no correlación de los errores.

El paquete estadístico utilizado en la presente investigación (*STATA*) no incluye *tests* específicos para verificar la existencia de heteroscedasticidad y autocorrelación en un contexto de análisis con datos en panel, en parte debido a la mayor complejidad de estos modelos de regresión, y en parte debido a su menor vulnerabilidad ante dichos problemas. No obstante, *STATA* sí permite incorporar errores estándar robustos ante heteroscedasticidad arbitraria, estimando la matriz de varianzas y covarianzas mediante el *método de White*, que es robusto ante heteroscedasticidad para un mismo PED, aunque sin considerar la posibilidad de correlaciones contemporáneas entre los distintos países. De este modo, los errores estándar permiten la posibilidad de que las observaciones formen *conglomerados temporales*: es decir, aunque se asume que son independientes entre países, los errores de un mismo PED no son necesariamente independientes a lo largo del tiempo. Además, ha de destacarse que las transformaciones logarítmicas practicadas a las dos variables de AOD comprimen las escalas en las cuales están medidas las variables –reduce una diferencia entre dos valores de 10 veces a una diferencia de 2 veces– y, por tanto, suaviza los problemas de heteroscedasticidad.

En cuanto al riesgo de autocorrelación, como se explicó anteriormente, la estimación por medio del sistema GMM permite instrumentalizar las variables que no son estrictamente exógenas y que plantean problemas de correlación serial (este puede ser el caso de la renta *per capita* inicial, la AOD-CT, la gobernabilidad, los *shocks* económicos y las cuatro variables interactivas de la AOD-CT). Para comprobar si la estructura utilizada de retardos

en la estimación del sistema GMM es apropiada, realizamos los contrastes de hipótesis de Sargan y Hansen de restricciones sobre-identificadas, y el *test* de Arellano-Bond de autocorrelación del término de error ideosincrático. Los resultados obtenidos para estos tres *tests*, en cada una de las regresiones realizadas, respaldan la adecuación de las estimaciones.

Finalmente, hay que resaltar que el tamaño de la muestra analizada garantiza tanto la eficiencia, como la consistencia, asintótica de las estimaciones ante problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación. En consecuencia, el análisis de la robustez del modelo y la rigurosa selección de las alternativas de estimación más apropiadas –y disponibles en los programas estadísticos modernos–, permiten confiar en la relevancia de los resultados obtenidos y en su adecuación para el estudio de la eficacia de la ayuda científico-tecnológica.

#### **4.4. Conclusiones parciales**

Quizás uno de los resultados más unánimes de la investigación económica aplicada es que la *innovación* es uno de los principales determinantes de crecimiento económico sostenido. No obstante, sorprende comprobar que pocos estudios han contrastado el impacto que las ayudas científico-tecnológicas ejercen sobre el ritmo de crecimiento de los países que las reciben. Lo cierto es que la aportación de la AOD-CT al PIB del mundo en desarrollo es muy limitada (apenas del 18%), por lo que difícilmente se pueden esperar resultados formidables sobre el crecimiento. Sin embargo, estas ayudas encierran un potencial transformador relevante, en tanto que apuestan por desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas de los PED. Invertidas estratégicamente, pueden constituir una apuesta “inclusiva” de desarrollo, que contribuya a potenciar las capacidades de innovación de los países más atrasados y a cerrar la brecha mundial de la innovación.

Después de 50 años de investigación, y un centenar largo de estudios empíricos, continúa resultando controvertido afirmar que la ayuda internacional estimule, en términos agregados, el crecimiento económico. No obstante, la mayor parte de los estudios analizan el impacto macroeconómico sobre el ritmo de crecimiento de los países receptores, sin distinguir impactos potencialmente diferenciados por modalidades de ayuda. Por eso, el

objetivo de esta Tesis es cuantificar el impacto ejercido por la AOD-CT sobre la tasa de crecimiento de la renta *per capita* de los PED en el periodo 1993-2008. Para ello, se propone un modelo analítico del impacto de la ayuda científico-tecnológica sobre el crecimiento adaptado a las características de la innovación y basado en la nueva teoría del crecimiento.

La estimación econométrica del modelo ofrece cuatro resultados relevantes:

En primer lugar, la ayuda para la ciencia y la tecnología resulta eficaz en estimular el crecimiento, de tal modo que un incremento de un 1% en las donaciones de AOD-CT puede elevar la tasa de crecimiento del PIB *per capita* en torno a 0,007 puntos porcentuales. En cambio, el impacto de la ayuda se “diluye” cuando consideramos el resto de recursos no destinados a innovación, que no se revelan estadísticamente significativos.

En segundo lugar, el coeficiente de interacción AOD-CT e innovación se estima negativo, lo que sugiere que el impacto de este tipo de ayudas puede ser mayor en los países con menores capacidades de innovación, lo que constituye un sólido argumento a favor de enfatizar el uso de estos recursos en los países menos innovadores. Por lo tanto, si la AOD-CT es eficaz, y además resulta especialmente eficaz en los países con menores capacidades de innovación, este tipo de ayudas pueden resultar oportunas para cerrar la brecha de la innovación mundial. Este argumento se ve respaldado –como se estudió en el capítulo 2– por el hecho de que la distribución geográfica de la AOD-CT ha sido moderadamente progresiva (atendiendo más que proporcionalmente a los países menos innovadores), lo que permite concluir que este enfoque “redistributivo” podría contribuir positivamente al paulatino estrechamiento de la brecha tecnológica si se incrementaran los recursos destinados a la cooperación científico-tecnológica.

En tercer lugar, respecto a las características de las economías receptoras que condicionan el crecimiento económico, dos se muestran estadísticamente significativas: de una parte, la mejora de las capacidades de innovación estimulan el crecimiento, lo que confirma que la innovación es el principal determinante del progreso económico. En cambio, las desigualdades de rentas constituyen una importante rémora para el crecimiento, ya sea generando males públicos (crimen, violencia e inseguridad) que coartan las posibilidades

de inversión y crecimiento de un país (Fajnzylber *et. al.*, 1998) o limitando la capacidad productiva de la economía como consecuencia de la exclusión de las personas pobres de los mercados de crédito (Alonso, 2005).

Finalmente, el análisis sugiere que las fuertes disparidades existentes entre los ritmos de progreso de los PED se traducen en un lento proceso de divergencia en niveles de renta *per capita*, de tal suerte que los países más pobres han tendido a crecer más lentamente y algunos de los PED más avanzados (especialmente las “economías emergentes”) han crecido vertiginosamente. De este modo se ensancha la brecha que separa a los países de ingreso bajo y medio-bajo, de los países de ingreso medio-alto, lo que respalda la tesis de los autores que sostienen que las desigualdades internacionales de rentas no se han reducido en las últimas décadas (Milanovic, 2006a y b). Dado que los flujos de AOD-CT son muy exiguos, el impacto es muy limitado y por lo tanto no consiguen contrarrestar el proceso divergencia de los países. Sería conveniente aumentar los flujos de AOD-CT a los países más pobres al objeto de revertir este proceso. Así, la AOD debe contribuir a rectificar esta dinámica, no sólo a través de un mayor desembolso de recursos (lo que resulta poco probable en el corto plazo, dado el actual contexto de crisis y fuerte ajuste presupuestario que viven los países donantes de la OCDE), sino también adaptando las modalidades de ayuda a las especificidades socio-económicas de cada país socio para lograr un mayor impacto agregado sobre el crecimiento.

En última instancia, la innovación se confirma –una vez más– como una apuesta estratégica por el desarrollo; al tiempo, el uso de políticas públicas internacionales de cooperación enfocadas en desarrollar las capacidades de innovación de los PED puede constituir un “revulsivo” para la frecuentemente cuestionada eficacia “agregada” de la ayuda. El análisis aquí presentado pretende contribuir a este debate aportando evidencia sobre el positivo impacto de una modalidad concreta de ayuda –la ayuda científico-tecnológica– que por sus características y objetivos encierra un potencial transformador especialmente alto. En todo caso, se trata de una contrastación estrictamente macroeconómica, en la que se evalúa –exclusivamente– el impacto sobre el ritmo de crecimiento económico, y no en términos de los avances logrados en otros ámbitos del desarrollo humano.



# CONCLUSIONES

La presente investigación parte de la línea de estudios que tratan de constatar cuáles son las principales fuentes del progreso económico de las naciones. Esta visión del crecimiento sitúa como una de sus fuerzas motrices a la innovación, definida en forma amplia como la introducción de nuevas formas de cubrir necesidades –incluyendo nuevas estructuras organizacionales, nuevos procesos y nuevos productos–. Ello se traduce, para los agentes innovadores, en oportunidades de producir de forma más eficiente, ampliar su capacidad productiva, ganar cuotas de mercado y crear nuevos mercados. Los efectos de proceso innovador sobre el crecimiento dependerán, entre otras cosas, de cómo sea el aprendizaje que desencadenan las innovaciones, del grado en que estas se difundan hacia el resto de los sectores y de cómo sean las relaciones de complementariedad productiva de los agentes innovadores con el resto del aparato productivo (Ocampo, 2005).

Concretamente esta Tesis Doctoral intenta aportar un análisis riguroso del impacto de la innovación y de las ayudas internacionales para ciencia y tecnología en el crecimiento económico de los PED. Para ello se analizan los flujos de AOD-CT durante el periodo 1993–2008 y se propone y estima un modelo analítico del impacto de la innovación y la AOD-CT sobre el crecimiento económico de los PED. En última instancia, la investigación realizada parte del convencimiento de que la innovación es un factor determinante del progreso de las naciones y, consiguientemente, la implementación de políticas públicas internacionales de cooperación en innovación (AOD-CT) puede contribuir a impulsar el crecimiento económico del mundo en desarrollo.

La base teórica fundamental de esta Tesis Doctoral se encuentra en los estudios económicos que han analizado la compleja relación entre innovación y crecimiento. Así, los modelos pioneros de crecimiento de Solow (1956 y 1957) y Swan (1956) emplearon

una función de producción neoclásica con rendimientos constantes a escala y rendimientos marginales decrecientes en cada factor de producción para explicar la dinámica de crecimiento y el papel protagónico de la innovación. En el estado estacionario estos modelos predicen que los niveles de capital y trabajo *per capita* dependen de la tasa de ahorro, de la tasa de crecimiento demográfico y de la función de producción. Y lo que es más importante, estos modelos también predicen que sin progreso tecnológico las economías no crecen en el largo plazo. No obstante, estos autores concibieron el avance tecnológico como una variable “exógena”, lo que generó numerosas críticas.

A partir de los trabajos de Romer (1986 y 1990), los estudios sobre innovación y crecimiento han tratado de salvar las limitaciones del modelo neoclásico mediante la concepción del progreso tecnológico como una variable “endógena” del crecimiento. Así, autores como Aghion y Howitt (1998) y Grossman y Helpman (1991) trataron de modelizar la contribución “endógena” de la innovación al proceso de crecimiento. La característica común de estos modelos es que asumen que las actividades de I+D son beneficiosas para las empresas, siempre y cuando exista un marco regulatorio adecuado que, por medio de patentes, consiga incentivar el desarrollo de innovaciones y otorgue posiciones temporales de monopolio a las empresas innovadoras; en el largo plazo, esto permite que la tasa de crecimiento sea positiva. Puesto que la existencia de rendimientos marginales decrecientes en la acumulación de capital físico y humano impide sostener el crecimiento a largo plazo, los modelos de crecimiento endógeno se centran en analizar las mejoras continuas de la tecnología que si lo hacen.

Dentro de la literatura de crecimiento endógeno se analizan dos enfoques teóricos distintos, pero complementarios para la comprensión del papel de la innovación en el crecimiento: de una parte, los modelos de “innovación horizontal” que estudian cómo el progreso técnico se materializa en un aumento de la variedad de productos utilizados (Romer, 1990) y, de otra parte, los modelos de “innovación vertical” o “escalas de calidad” que analizan las mejoras en términos de la ampliación de la calidad de los productos (Aghion y Howitt, 1998 y Grossman y Helpman, 1991).

El debate teórico sobre la relevancia que la innovación tiene en las dinámicas de crecimiento de los países ha tratado de saldarse en el terreno empírico. Lo cierto es que

pocos estudios discrepan de la hipótesis general de que la innovación es un factor fundamental -quizás el más relevante- del progreso económico. De hecho, la relevancia de la innovación es uno de los resultados más robustos de la investigación económica aplicada. De este resultado se derivan conclusiones importantes de política económica: i) los Gobiernos deben implementar políticas de intervención en el corto y medio plazo que impulsen el progreso tecnológico y, así, la productividad de la economía; y ii) las empresas deben ser más innovadoras para aumentar sus beneficios.

No obstante la riqueza de la literatura empírica sobre innovación y crecimiento, el grueso de los trabajos se ha limitado a analizar a las economías de “vanguardia” en términos de la innovación mundial (básicamente, los países de la OCDE), y se ha concedido una atención limitada a los PED, lo que deja abierta una interesante línea de investigación. Dada esta limitación, la presente Tesis Doctoral se centra en analizar el papel que la innovación y las políticas internacionales de ayuda científico-tecnológica desempeñan en los procesos de desarrollo económico de los PED.

Aunque desde la década de 1990 y los primeros años del decenio del 2000 muchos de los PED han registrado un fuerte progreso tecnológico, existe aún una importante “brecha tecnológica” entre los países desarrollados y los PED. Estas desigualdades justifican el impulso de iniciativas internacionales de cooperación en el ámbito de la ciencia y la tecnología. En este contexto, las políticas internacionales de cooperación CT pretenden promover el progreso tecnológico, científico e innovador de los PED, siendo su objetivo primordial crear SNI sólidos, sensibles a las necesidades particulares de desarrollo de cada país, y que amplíen las capacidades de innovación del mundo en desarrollo. En suma, las políticas de cooperación CT apuestan por una estrategia “inclusiva” de desarrollo internacional “desde la innovación”, que pretende expandir las oportunidades de progreso de los pueblos a través de la difusión y el aprovechamiento del conocimiento.

Concretamente, el análisis estadístico realizado sobre los flujos públicos de ayuda internacional para ciencia y tecnología (AOD-CT) canalizados por los países del CAD y los organismos multilaterales de desarrollo ofrece siete resultados principales:



- i. Desde finales de la década de 1990 las políticas de cooperación CT han cobrado mayor protagonismo en el sistema de ayuda, hasta representar en 2008 el 5,6% de la AOD global, si bien la evolución de los recursos muestra una excesiva volatilidad (especialmente desde 2003), que puede afectar negativamente a la eficacia de las intervenciones y que revela problemas de coordinación y planificación temporal de las intervenciones.
- ii. Las percepciones de AOD-CT *per capita* también han incrementado entre 1998 y 2008, multiplicándose por cinco hasta alcanzar los 1,56 dólares por persona.
- iii. En el reparto de la AOD-CT global entre las distintas regiones del mundo en desarrollo, Asia y África reciben —cada una— uno de cada tres dólares de estas ayudas (en consonancia con sus posiciones como principales receptoras de AOD del mundo). Por sub-regiones, África Subsahariana se ubica como la primera receptora.
- iv. La distribución de los recursos de AOD-CT *per capita* revela la existencia de un marcado sesgo a favor de las regiones menos pobladas. De este modo, mientras Oceanía recibe más de 62 dólares por persona, los demás continentes reciben cantidades inferiores a los 13 dólares (especialmente bajas son las percepciones de la región más poblada del Planeta, Asia).
- v. La aportación de la AOD-CT al PNB del mundo en desarrollo es relativamente limitada (aproximadamente del 0,06%). Así, en todas las regiones esta aportación no supera el 0,2% (salvo en Oceanía, lo que confirma un sesgo a favor de las regiones menos pobladas). Por sub-regiones, África Subsahariana y el norte de África se ubican muy por delante del resto de áreas, siendo marcadamente reducida la participación de la AOD-CT en el PNB de las distintas regiones americanas y asiáticas.
- vi. La distribución geográfica de la AOD-CT resulta —en términos agregados— progresiva, en tanto que los PED menos adelantados tecnológicamente tienden a recibir más ayudas, por lo que el enfoque redistributivo de estos recursos puede

contribuir positivamente al paulatino estrechamiento de la brecha tecnológica. No obstante, debe alertarse que existen países que escapan a esta regla general y reciben cuotas de AOD-CT muy inferiores a las que les correspondería en términos de sus bajas capacidades innovadores y sus elevados pesos poblacionales (por ejemplo, Bangladesh, Filipinas, Nigeria y Pakistán).

- vii. Respecto a la distribución sectorial (que presenta un patrón temporal relativamente estable), tres cuartas partes de los recursos se concentran en cuatro sectores: dos relativos a la formación de competencias avanzadas (*enseñanza superior*, con más de la mitad de los recursos, y *formación profesional*), otro relativo a la *investigación agrícola* (principal ámbito de investigación financiado por los donantes) y un agregado sectorial de *educación y capacitación multisectorial* (que incluye los programas de becas de formación avanzada). En cambio, las actividades orientadas a favorecer la innovación en las empresas (*formación técnica, gestión avanzada y capacitación comercial*) reciben una atención mucho menor.

A pesar de la creciente importancia de las ayudas internacionales científico-tecnológicas, sorprende constatar que los estudios sobre la eficacia macroeconómica de la ayuda nunca han considerado el impacto que tienen las ayudas destinadas a desarrollar las capacidades de innovación de los PED, a pesar de que su impacto potencial es especialmente elevado.

Por eso, el análisis desarrollado en esta Tesis Doctoral pretende contribuir a cubrir esta carencia, aportando evidencia sobre el positivo impacto de esta modalidad concreta de ayuda –la ayuda científico-tecnológica–, que por sus características y objetivos encierra un potencial transformador especialmente alto. En todo caso, se trata de una contrastación estrictamente macroeconómica, en la que se evalúa –exclusivamente– el impacto sobre el ritmo de crecimiento económico, y no en términos de los avances logrados en otros ámbitos del desarrollo humano. Para ello se analiza el impacto que la innovación y la AOD-CT han ejercido sobre el ritmo de crecimiento de la renta *per capita* de los PED en el periodo 1993 y 2008. Los resultados más relevantes de la estimación econométrica se resumen en cuatro:

- i. La ayuda para la ciencia y la tecnología ha resultado eficaz en estimular el crecimiento, de tal modo que un incremento de un 1% en las donaciones de AOD-CT ha elevado la tasa de crecimiento del PIB *per capita* en torno a 0,007 puntos porcentuales. En cambio, el impacto de la ayuda se “diluye” cuando consideramos el resto de recursos no destinados a innovación, que no se revelan estadísticamente significativos.
- ii. El coeficiente de interacción entre la AOD-CT y la innovación se estima negativo, lo que sugiere que el impacto de este tipo de ayudas puede ser mayor en los países con menores capacidades de innovación, lo que constituye un sólido argumento a favor de enfatizar el uso de estos recursos en los países menos innovadores. Por lo tanto, si la AOD-CT es eficaz, y además resulta especialmente eficaz en los países con menores capacidades de innovación, este tipo de ayudas pueden resultar oportunas para cerrar la brecha de la innovación mundial. Este argumento se ve respaldado por el hecho anteriormente mencionado de que la distribución geográfica de la AOD-CT ha sido moderadamente progresiva (atendiendo más que proporcionalmente a los países menos innovadores), lo que permite concluir que este enfoque “redistributivo” podría contribuir positivamente al paulatino estrechamiento de la brecha tecnológica si se incrementaran los recursos destinados a la cooperación científico-tecnológica.
- iii. Respecto a las características de las economías receptoras que condicionan el crecimiento económico, dos se muestran estadísticamente significativas: de una parte, la mejora de las capacidades de innovación estimulan el crecimiento, lo que confirma que la innovación es el principal determinante del progreso económico. En cambio, las desigualdades de rentas constituyen una importante rémora para el crecimiento, ya sea generando males públicos (crimen, violencia e inseguridad) que coartan las posibilidades de inversión y crecimiento de un país o limitando la capacidad productiva de la economía como consecuencia de la exclusión de las personas pobres de los mercados de crédito.
- iv. El análisis sugiere que las fuertes disparidades existentes entre los ritmos de progreso de los PED se traducen en un lento proceso de divergencia en niveles de

renta *per capita*, de tal suerte que los países más pobres han tendido a crecer más lentamente y algunos de los PED más avanzados (especialmente las “economías emergentes”) han crecido vertiginosamente. De este modo se ensancha la brecha que separa a los países de ingreso bajo y medio-bajo, de los países de ingreso medio-alto, lo que respalda la tesis de que las desigualdades internacionales de rentas no se han reducido en las últimas décadas (Milanovic, 2006a y b). La AOD debe contribuir a rectificar esta dinámica, no sólo a través de un mayor desembolso de recursos (lo que resulta poco probable en el corto plazo, dado el actual contexto de crisis y el fuerte ajuste presupuestario que viven los países donantes de la OCDE), sino también adaptando las modalidades de ayuda a las especificidades socio-económicas de cada país socio para lograr un mayor impacto agregado sobre el crecimiento.

En suma, el análisis realizado en esta Tesis Doctoral permite aceptar las dos hipótesis de partida: en primer lugar se confirma que la innovación es un determinante fundamental para el desarrollo económico de los PED; y, en segundo lugar, se verifica que las ayudas destinadas a desarrollar las capacidades de innovación de los PED contribuyen positivamente a acelerar sus ritmos de crecimiento, lo que constituye un “revulsivo” para la frecuentemente cuestionada eficacia “agregada” de la ayuda internacional.

Conviene reseñar, en todo caso, algunas limitaciones que hay que valorar sobre el trabajo empírico aquí desarrollado:

- La información estadística de los PED no es completa, lo que dificulta la composición de la base de datos utilizada en el análisis. De hecho, los países más pobres presentan mayores carencias estadísticas, lo que introduce un sesgo no aleatorio en la selección de la muestra de estudio.
- La aportación de la política pública analizada en esta investigación —la AOD-CT— es muy limitada en relación con la dimensión de las economías receptoras. Por ello, de estos exiguos recursos es difícil obtener un importante impacto sobre el ritmo de crecimiento de los PED. Más concretamente, para conseguir cerrar la brecha tecnológica habrá que complementar las políticas de AOD-CT con otras

políticas internacionales (públicas y privadas) de promoción de la ciencia y la tecnología.

- Existen además limitaciones específicas de los modelos de eficacia de la ayuda: aunque se han ido mejorando las técnicas econométricas, sigue resultando complicado controlar la heterogeneidad que existe entre los países receptores de ayuda y sus SNI, lo que afecta, entre otras cosas, a las capacidades de absorción y de aprovechamiento de los fondos internacionales para el desarrollo. Y, aun más heterogénea resulta la calidad de los proyectos y programas concretos de ayuda que se incluyen en el agregado de AOD-CT, lo que limita la comparabilidad entre países (e, incluso, entre iniciativas concretas de cooperación).

El modelo analítico postulado en esta Tesis Doctoral aporta algunos avances metodológicos. En primer lugar, se realiza un análisis específico para una modalidad concreta de ayuda (la AOD-CT), lo que permite superar algunas de las limitaciones de otros análisis más agregados del impacto de la ayuda. En segundo lugar, el modelo propuesto utiliza un conjunto de variables explicativas que capturan la importancia de la AOD-CT y la innovación en el crecimiento de los países. Por último, el análisis hace uso de técnicas avanzadas de estimación econométrica, utilizando un modelo de regresión dinámico con datos en panel mediante el método del sistema GMM.

Finalmente, cabe destacar que el análisis desarrollado en esta Tesis Doctoral abre interesantes líneas de investigación que permiten continuar y expandir el trabajo aquí realizado:

- En primer lugar se puede aplicar el modelo aquí presentado a experiencias singulares de países en desarrollo que han recibido importantes cantidades de AOD-CT y han experimentado éxitos reseñables de innovación y desarrollo (como China, Brasil o India). En este caso, el estudio se complementaría con análisis de regresión de series temporales cointegradas para cada uno de estos países singulares, que puedan matizar y complementar los resultados del análisis agregado con datos en panel realizado en esta Tesis Doctoral.
- Otra posible línea consiste en complementar los resultados obtenidos en este trabajo con estudios de casos concretos de políticas y actividades de cooperación

científico-tecnológica que permitan entender mejor los mecanismos a través de los cuales estas ayudas son capaces de estimular el ritmo de progreso de los PED. En concreto, resulta especialmente interesante la experiencia del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)<sup>1</sup>, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo sostenible de la Región Iberoamericana mediante la cooperación en ciencia, tecnología e innovación, y en el que España participa activamente.

- Por último, el análisis macroeconómico aquí realizado puede enriquecerse y matizarse mediante estudios micro; por ejemplo, a través de encuestas y entrevistas a responsables de centros que realizan cooperación científico-tecnológica para el desarrollo, y evaluaciones micro del impacto obtenido por actividades concretas de cooperación internacional en materia de innovación.

---

<sup>1</sup> CYTED fue creado en 1984 mediante un Acuerdo Marco Interinstitucional firmado por 19 países de América Latina, España y Portugal. Consiste en un programa internacional de cooperación multilateral científico-tecnológica con carácter horizontal.



# CONCLUSION

The purpose of this series of studies is to attempt to identify the main sources of economic progress of nations. This vision of growth ranks as one of the driving forces for innovation, broadly defined as the introduction of new ways to meet needs, including new organizational structures, new processes and new products. For innovative agents, this provides opportunities to produce more efficiently, expand their production capacity, gain a greater market share and create new markets. The effects of process innovation on growth will depend, among other things, on how learning can trigger innovations, the extent to which these are disseminated to the rest of the sectors and how the relations of production can be seen as innovative agents which are complementary with the rest of the production (Ocampo, 2005).

In this thesis, an attempt is made to provide a rigorous analysis of the impact of innovation and international aid in science and technology in terms of economic growth in developing countries. We will analyze the flow of ODA-CT during the period 1993-2008, propose an analytical model and estimate the impact of innovation and ODA-CT on economic growth in developing countries. Ultimately, the research is based on the conviction that innovation is a key determinant of national progress and that the implementation of international public policy innovation cooperation (ODA-CT) can help boost economic growth in the developing world.

The fundamental theoretical basis of this thesis lies in economic studies that have examined the complex relationship between innovation and growth. The pioneering models of growth of Solow (1956 and 1957) and Swan (1956) used a neoclassical production function with constant returns to scale and diminishing marginal returns in each



production factor to explain the dynamics of growth and the central role of innovation. At steady state, these models predict that levels of *per capita* capital and labour depend on the savings rate, the rate of population growth and the level of production function. More importantly, these models also predict that without technological progress economies will not grow in the long run. However, these authors conceive technological progress as an ‘exogenous’ variable, and this has generated much criticism.

Following the work of Romer (1986), studies of innovation and growth have tried to bridge the limitations of the neoclassical model through the design of technological progress as a form of variable ‘endogenous’ growth. Authors such as Romer (1986 and 1990), Aghion and Howitt (1998) and Grossman and Helpman (1991) have attempted to model the contribution of innovation to growth dynamics. The common feature of these models is that they assume that R&D activities are beneficial to companies, provided there is an appropriate regulatory framework, based on patents, which can encourage the development of innovations and grant temporary monopoly positions to innovative companies. In the long run, this can result in a positive growth rate. The existences of diminishing marginal returns in the accumulation of the physical and human capital prevent to sustain growth long-term endogenous growth models focusing on analysing the continuous improvement of technology.

The analysis of these improvements has generated two different theoretical approaches, which are complementary to understanding the role of innovation in growth. Models of ‘horizontal innovation’ are designed to study technical progress with reference to a variety of products (Romer, 1990) whereas models of ‘vertical innovation’ or ‘quality ladders’ examine the improvements in terms of the expansion of product quality (Aghion and Howitt, 1998 and Grossman and Helpman, 1991).

The theoretical debate about the relevance of innovation to the growth dynamics of various countries has succeeded to some extent on empirical grounds. Few studies disagree with the general hypothesis that innovation is a key element in economic progress. In fact, the importance of innovation is one of the most robust truths of applied economic research. From this result, some important policy conclusions can be derived: i) that governments should implement intervention policies in the short and medium term to drive

technological progress and thus the productivity of the economy, and ii) that firms need to be more innovative to increase their profits.

Despite the wealth of empirical literature on innovation and growth, the bulk of the work has been limited to analyzing the economies at the ‘cutting edge’ (mainly OECD countries), in terms of global innovation; while limited attention has been granted to developing countries. This leaves various interesting lines of research open. Given such limitations, this doctoral thesis focuses on analyzing the role that innovation and scientific and technological aids play in the processes of economic development in developing countries.

Although, since the 1990s most developing countries have experienced considerable technological progress, there is still a significant ‘digital divide’ between developed and developing countries. Such inequalities justify the promotion of international cooperation initiatives in the fields of science and technology. In this context, international cooperation policies are intended to promote progress in CT technology, science and innovation in developing countries; their primary objective being to create solid SNI sensitive to the particular development needs of each country, and to enhance innovation capabilities in the developing world. In addition, CT cooperation policies advocate an ‘inclusive’ strategy of international development ‘from innovation’, which aims to expand opportunities for people to progress through the dissemination and exploitation of knowledge.

Specifically, the statistical analysis conducted on public flows of international aid for science and technology (ODA-CT), as channelled by the DAC countries and multilateral development agencies, has had seven main results:

- i. Since the late 1990s, CT cooperation policies have gained greater prominence in the aid system, accounting for 5.6% of global ODA in 2008, while the evolution of resources shows excessive volatility (especially since 2003). This can adversely affect the effectiveness of interventions and reveal problems in co-ordinating and timing interventions.

- ii. Perceptions of *per capita* ODA-CT also increased between 1998 and 2008, a fivefold increase, to reach \$1.56 per person.
- iii. The distribution of global ODA-CT across different regions of the developing world. Asia and Africa receive around one in every three dollars of aid (in line with their positions as major recipients of ODA in the world). In terms of sub-regions, sub-Saharan Africa ranks as the first recipient.
- iv. The distribution of resources *per capita* for ODA-CT reveals a strong bias in favor of the less populated regions. Thus, while Oceania receives more than \$62 per person, the other continents receive less than \$13 (especially the continent with the largest population, Asia).
- v. The contribution of ODA to GNP-CT in the developing world is relatively small (approximately 0.06%). Thus, in all regions this contribution does not exceed 0.2% (except in Oceania, which confirms a bias in favor of the less populated areas). In terms of sub-regions, sub-Saharan Africa and North Africa are well ahead of other areas, with their shares of ODA-CT in the GNP of the American and Asian regions being markedly reduced.
- vi. The geographical distribution of ODA-CT results in an aggregate-progressive situation, in which less technologically advanced developing countries tend to receive more aid, so that the redistributive focus of these resources can contribute positively to the gradual narrowing of the digital divide. However, it should be mentioned that there are other countries that receive a level of ODA-CT funding which is much lower than their fair share in terms of their innovative capabilities and their high populations of people (e.g., Bangladesh, Philippines, Nigeria and Pakistan).
- vii. Regarding sectoral distribution (which has a relatively stable time pattern), three-quarters of the resources are concentrated in four sectors: two related to advanced skills training (*higher education*, with more than half of the resources and *training professional*), another to *agricultural research* (the main area of research funded by

donors) and an aggregate sector of *education and multisectoral training* (including scholarship programmes for advanced training). In contrast, efforts aimed at promoting innovation in companies (*technical training, advanced management and business training*) receive much less attention.

Despite the growing importance of international scientific and technological support, it is surprising to note that studies of the macroeconomic effectiveness of aid have never considered the impact of aid on the innovation capacities of developing countries, although its potential impact is particularly high. The analysis developed in this doctoral thesis aims to contribute to filling this gap by providing evidence of the positive impact of this particular form of aid, in terms of scientific-technological support, which by its nature and objectives involves a particularly high potential level of transformation. In any case, this is a strictly macroeconomic contrast, which can be assessed in terms of its impact on economic growth, rather than in terms of progress in other areas of human development. We will analyse the impact that innovation and ODA-CT have had on the growth rate of developing countries in the period between 1993 and 2008. The most important results of the econometric estimation can be summarized in the following four ways:

- i. Support for science and technology is effective in stimulating growth, so that a 1% increase in ODA grants-CT may increase the growth rate of GDP *per capita* by around 0.007 points. In contrast, the impact of aid is ‘diluted’ when we consider that the other resources are not intended for innovation, and so are not seen as being statistically significant.
- ii. The coefficient of interaction and innovation ODA-CT was negative, suggesting that the impact of such aid may be greater in countries with less capacity for innovation. This is a strong argument in favour of emphasizing the use of these resources in a less innovative way. Therefore, if ODA-CT is effective, and it is particularly effective in countries with less capacity for innovation, such aid may not be an appropriate way of closing the gap in terms of global innovation. This argument is supported by the fact that the geographical distribution of ODA-CT is moderately progressive (serving proportionately more innovative countries), which allows us to conclude that this ‘redistributive’ approach could contribute positively

to the gradual narrowing of the technology gap, which could increase the resources available for scientific and technological cooperation.

- iii. Regarding the characteristics of the recipient economies that determine economic growth, two are statistically significant. Improving innovation capabilities stimulates growth, which confirms that innovation is the main determinant of economic progress. In contrast, income inequalities are a major drag on growth, either by generating public ills (crime, violence and insecurity) which limit the possibilities of investment and growth in a country (Fajnzylber *et al.*, 1998) or limiting the productive capacity of the economy as a result of the exclusion of the poor in credit markets (Alonso, 2005).
- iv. The analysis suggests that strong disparities between the rates of progress in developing countries can result in slow process of divergence in *per capita* income levels, so that poorer countries have tended to grow more slowly while some of the more advanced PED (especially ‘emerging economies’) have grown dramatically. This has widened the gap between low-income countries and middle to low income countries, supporting the thesis that international income inequality has not declined in recent decades (Milanovic, 2006a and b). ODA should help rectify this situation, not only through greater expenditure of resources (which is unlikely in the short term, given the current crisis and strong fiscal adjustment needed for living donor countries of the OECD), but also by adapting aid modalities to the socio-economic specificities of each partner country, in order to achieve greater overall impact on growth.

Two hypotheses can be securely adopted with reference to this topic. The first confirms that innovation is a key determinant for the economic development of developing countries and, secondly, the focused distribution of aid to encourage innovative capabilities in developing countries can contribute positively to accelerating their growth rates. This can be seen as a ‘salutary lesson’ to the often questionable efficacy of the ‘aggregate’ of international aid.

The analytical model postulated in this thesis provides some methodological advances. Firstly, it uses a form of analysis specific to a particular form of assistance (ODA-CT), which overcomes some of the limitations of other more aggregated analysis of the impact of aid. Secondly, the proposed model uses a set of explanatory variables that captures the importance of ODA-CT and innovation in the growth of countries. Finally, the analysis makes use of advanced econometric estimation, using a dynamic regression model which utilises the panel data GMM system method.

The analysis developed in this thesis opens up new lines of research for the future. It would be interesting to complement the results obtained here with case studies of the policies and activities of scientific and technological cooperation, in order to better understand the mechanisms through which scientific and technological aids are capable of stimulating the rate of progress of developing countries. Also, the Iberoamerican Program of Science and Technology for Development (CYTED)<sup>1</sup>, which aims to contribute to sustainable development in the Iberoamerican region through cooperation in science, technology and innovation, and in which Spain participates actively, could be a useful subject for study.

Also, macroeconomic analysis, focusing on aggregates, as performed here, can be enriched and tempered by the use of surveys and interviews with centre managers who take part in scientific and technological cooperation for the development and assessment of the impact achieved by micro-specific international cooperation activities in terms of innovation.

---

<sup>1</sup> CYTED was created in 1984 through an Inter-Agency Framework Agreement signed by 19 countries in Latin America, Spain and Portugal. It consists of an international programme of scientific-technological cooperation with multilateral horizontal forms of innovation.



# REFERENCIAS

## 6.1. Referencias bibliográficas

ABDIH, Y. y JOUTZ, F. (2005), “Relating the Knowledge Production Function to Total Factor Productivity: An Endogenous Growth Puzzle”, *IMF Working Paper* 05/74.

ABRAMOVITZ, M. (1986), “Catching Up, forgoing Ahead, and falling behind”, *Journal of Economic History*, vol.46 n°2, Junio, págs. 385-406.

ACEMOGLU, D.; AGHION, P. y ZILIBOTTI, F. (2006), “Distance to Frontier, Selection and Economic Growth”, *Journal of European Economic Association*, n°4 (1), págs. 37-74.

ACEMOGLU, D. (2008), *Introduction to Modern Economic Growth*, Princeton University Press, New Jersey.

AGHION, P. y HOWITT, P. (1998), *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge.

AGHION, P. y HOWITT, P. (2005), *Growth with Quality-Improving Innovations: An Integrated Framework*, en AGHION, P. y DURLAUF, S. (eds.), *Handbook of Economic Growth*, cap. 2, págs. 68-97, Elsevier, Amsterdam.

AGHION, P.; COMIN, D. y HOWITT, P. (2006), “When does domestic saving matter for economic growth?”, *NBER Working Paper*, n° 12275.

ALONSO, J.A. y GARCIMARTÍN, C. (2008), *Acción colectiva y desarrollo: el papel de las instituciones*, Editorial Complutense, Estudios Internacionales, Madrid



- ALONSO, J.A. (2005), “Equidad y crecimiento: una relación en disputa”, *PRINCIPIOS. Estudios de Economía Política*, nº1, págs.9-36.
- ALONSO, J.A. (dir) (2009), *Financiación del desarrollo. Viejos recursos, nuevas propuestas*, Siglo XXI, Madrid.
- ÁLVAREZ, I. y MAGAÑA, G. (2007), “Desarrollo tecnológico en los países de ingreso medio” en Alonso, J.A. (ed): *Cooperación con países en renta media*. Editorial Complutense, Madrid, págs.341-369.
- ANNEN, K. y KOSEMPEL, S. (2009), “Foreign Aid, Donor Fragmentation, and Economic Growth”, *The B.E. Journal of Macroeconomics*, Vol. 9: Iss. 1, Article 33.
- ARCHIBUGI, D. y COCO, A. (2004), “A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo)”, *World Development*, nº 32, págs. 629-654.
- ARELLANO, M. y BOND, S. (1991), “Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations”, *Review of Economic Studies*, nº 58, págs. 277-297.
- ARELLANO, M. y BOVER, O. (1995), “Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models”, *Journal of Econometrics*, nº 68, págs. 29-51.
- ARROW, K., (1962), “The economic implications of learning by doing” *Review of Economic Studies*, nº 29 (2), págs. 155–173. ARCHIBUGUI, D. y COCO, A. (2004), “A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo)”, *World Development*, nº 32, págs. 629-654.
- BALTAGI, B.H. (2001), *Econometric analysis of panel data*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- BANCO MUNDIAL (2008), *Perspectivas económicas mundiales 2008: Difusión de las tecnologías en los países en desarrollo*, Mundi-Prensa Libros, S.A., Washington DC.
- BANCO MUNDIAL (2011), *World development Indicators 2011*, Mundi-Prensa Libros, S.A., Washington DC.

- BARRO, R. (1991), “Economic Growth in a Cross Section of Countries”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, nº 2, págs. 407-443
- BARRO, R. y SALA-I-MARTIN, X. (1997), “Technological Diffusion, Corvergence, and Growth”, *Journal of Economic Growth*, Vol. 2, Nº1, págs. 1-26.
- BARRO, R. y SALA-I-MARTIN, X. (2003), *Economic Growth*, MIT Press, Massachusetts.
- BARRO, R. y SALA-I-MARTIN, X. (2009), *Crecimiento Económico*, Editorial Reverte, Barcelona.
- BELL, M. y PAVITT K. (1995), “The Development of Technological Capabilities”, en Haque, I. (ed.): *Trade, Technology and International Competitiveness*. The World Bank, Washington, págs. 69-10.
- BLUNDELL, R. y BOND, S. (1998), “Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models”, *Journal of Econometrics*, nº 87, págs. 115-143.
- BOONE, P. (1996), “Politics and the effectiveness of foreign aid”, *European Economic Review*, nº 40, págs. 289-329
- BORONDO, C. (2008), “La innovación en la literatura reciente del crecimiento endógeno”, *PRINCIPIOS, Estudios de Economía Política*, nº 12, págs. 11-42
- BORONDO, C. (2008), “Una estimación de la ‘función de producción de ideas en España’”, *PRINCIPIOS. Estudios de Economía Política*, nº 10, págs. 43-63.
- BRAVO-ORTEGA C. y DE GREGORIO, J. (2005), “The Relative Richness of the Poor? Natural Resources, Human Capital and Economic Growth” *Policy Research Working Paper Series 3484*, The World Bank.
- BULIR, H. y HAMANN, A.J. (2003), “Aid Volatility: An Empirical Assessment”, *IMF Staff Papers*, nº 50, págs. 64-89.
- BULIR, H. y HAMANN, A.J. (2008), “Volatility of Development Aid: From the Frying Pan into the Fire”, *World Development*, Vol. 36, nº 10, págs. 2048-2066

- BURNSIDE, C. y DOLLAR, D. (2000), “Aid, policies and growth”, *American Economic Review*, nº 90 (4), págs. 847–868.
- BURNSIDE, C. y DOLLAR, D. (2004), “Aid, policies and growth: reply”, *American Economic Review*, nº 94, págs. 781–784.
- CANTWELL, J. (1999), “Innovation as the principal source of growth in the global economy”, en ARCHIBUGI, D., HOWELLS, J., y MICHIE, J. (Eds.): *Innovation policy in global economy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- CASS, D. (1965), “Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation,” *Review of Economic Studies*, nº 32, págs. 233–240.
- CASTELLACI, F. y ARCHIBUGI, D. (2008), “The technology clubs: The distribution of knowledge across nations”, *Research Policy*, nº 37, págs. 1659-1673.
- CHAUVET, L. y GUILLAUMONT, P. (2004), “Aid and growth revisited: Policy, economic vulnerability and political instability”, págs. 95-109, en TINGODDEN, B., STERN, N. and KOLSTAD, I. (Eds.), *Towards pro-poor policies – Aid, Institutions and Globalization*, World Bank - Oxford University Press, Washington DC.
- CHENERY, H.B. y STROUT, A.M. (1966): “Foreign assistance and economic development”, *The American Economic Review*, vol. LVI, nº 4, págs. 679-733,
- CLEMENS, M., RADELET, S. y BHAVNANI, R. (2004), “Counting chickens when they hatch: The short term effect of aid on growth”, *Center for Global Development*, Working Paper 44.
- COE, D. y HELPMAN, E. (1995), “Internacional R&D spillovers”, *European Economic Review*, nº 39, págs. 859–887.
- COE, D.; HELPMAN, E. y HOFFMAISTER, A. (1997), “North–South R&D Spillovers”, *Economic Journal*, nº 107, págs. 134–49.
- COLLIER, P. y DEHN, J. (2001), “Aid, shocks, and growth”, *World Bank Policy Research*, nº 2688, World Bank.
- COLLIER, P. y DOLLAR, D. (2002): “Aid allocation and poverty reduction”, *European Economic Review*, nº 26, págs. 1475–1500.

- COLLIER, P. y GODERIS, B. (2008), “Does Aid Mitigate External Shocks?”, *UNU-WIDER Discussion Paper*, nº 2008/06, UNU-WIDER.
- COLLIER, P. y HOEFFLER, A. (2004), “Aid, policy and growth in post-conflict societies”, *European Economic Review*, nº 48, págs. 1125-1145.
- COMITÉ DE AYUDA AL DESARROLLO (CAD) (2011a), *DAC statistical reporting directives*, disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/28/62/38429349.pdf>
- COMITÉ DE AYUDA AL DESARROLLO (CAD) (2011b), *CRS online User Guide*, disponible en: <http://www.oecd.org/document/>
- COMITÉ DE AYUDA AL DESARROLLO (CAD) (2011c), *International Development Statistics (IDS) online databases on aid and other resource flows*, OECD. Stat, disponible en <http://oecd.org/dataoecd/>
- DALGAARD, C. y HANSEN, H. (2001): “On aid, growth and good policies”, *Journal of Development Studies*, nº 37 (6), págs. 17–35.
- DALGAARD, C. y HANSEN, H. (2010), “Evaluating Aid Effectiveness in the Aggregate: A critical assessment of the evidence”, *Munich Personal RePEc Archive MPRA*, Evaluation Study 2010/1.
- DALGAARD, C., HANSEN, H. y TARP, F. (2004), “On the empirics of foreign aid and growth”, *The Economic Journal*, nº 114, págs.191-216.
- DE LA FUENTE, A. y DOMÉNECH, R. (2006), “Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?”, *Journal of the European Economic Association*, nº 4, págs. 1-36.
- DENIS, C.; MCMORROW, K. y ROGER, W. (2004), “An analysis of EU and US productivity developments”, European Commission, *Economic Papers*, nº 208.
- DJANKOV, S., MONTALVO, J.G. y REYNAL-QUEROL, M. (2009), “Aid with Multiple Personalities”, *Journal of Comparative Economics*, nº 37, págs.. 217-229
- DOMAR, E. D. (1946), “Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment”. *Econometrica*, nº 14, Abril, págs. 137-147.

- DOMINGUEZ, R. (2009), “Desigualdad y bloqueo al desarrollo en América Latina”, *PRINCIPIOS, Estudios de Economía Política*, n° 13, págs 5-32.
- DOUCOULIAGOS, H. y PALDAM, M. (2008), “Aid Effectiveness on Growth: A Meta Study”, *European Journal of Political Economy*, n° 24, págs. 1-24.
- DUDLEY, L. y MONTMARQUETTE, C. (1976), “A model of the supply of bilateral foreign aid”, *American Economic Review*, n° 66 (1), págs. 132–142.
- DURBARRY, R.; GEMMELL, N. y GREENAWAY, D. (1998), “New evidence on the impact of foreign aid on economic growth”, *Credit Working Paper*, University of Nottingham.
- EASTERLY, W. (2002), “Inequality does cause underdevelopment: New evidence”, *Working Paper I*, Center for Global Development.
- EASTERLY, W. (2003), “Can foreign aid buy growth?”, *Journal of Economic Perspectives*, n° 17, págs. 23-48.
- ESCOT, L. y GALINDO, M.A. (1998), “Difusión tecnológica, convergencia y crecimiento económico”, *Papeles de trabajo del Instituto de Estudios Fiscales. Serie economía*. n° 8, págs. 1-27
- FAJNZYLBER, P. D.; LEDERMAN, P. D. y LOAYZA, N. (1998), “Determinants of crime rates in Latin American and the World”, *World Bank Latin America and the Caribbean Viewpoints Series Paper*, Banco Mundial, Washington.
- FAGERBERG, J. y VERSPAGEN, B. (2002), “Technology gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation”, *Research Policy*, n° 31, núms. 8-9, 2002, págs. 1291-1304.
- FARLEY, S. (2007), “Donor support for science, technology and innovation for development: Approaches to the LDCs”. Study prepared for UNCTAD as a background paper for The Least Developed Countries Report 2007, UNCTAD, Ginebra.
- FISCHER, S. (1993), “The role of macroeconomic factors in growth”, *Journal of Monetary Economics*, n°32, págs. 485-512

- FRAUMENI, B. y OKUBO, S. (2005), "R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at Its Effect on GDP" en CORRADO et al. (eds.), *Measuring Capital in the New Economy*, NBER and the University of Chicago Press.
- FREEMAN, CH. (1995), "The National System of Innovation in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, nº 19, págs. 5-27.
- FUNDACIÓN CAROLINA (2011), *Innovación y cooperación al desarrollo: tendencias de colaboración público-privada*, Fundación Carolina, Madrid.
- FURMAN, J. L., PORTER, M. E., y STERN, S. (2002), "The determinants of national innovative capacity". *Research Policy*, nº 31, págs. 899-933
- GALLUP, J.L., J.D. SACHS y A. MELLINGER (1999), "Geography and Economic Development", *International Regional Science Review*, nº 22, págs 179-232
- GARCIAMARTÍN, C. (2007), "Un análisis crítica de las regresiones de convergencia", *Principios, Estudios de Economía Política*, nº 9, págs. 71-90.
- GIBSON, C.; ANDERSSON, K.; OSTROM, E. y SHIVAKUMAR, S. (2005), *The Samaritan's Dilemma: The Political Economy of Development Aid*, Oxford University Press, Oxford.
- GORDON, R.J. (2000), "Does the New Economy measure up to the great inventions of the past?", *Working Paper*, nº 7833.
- GRIFFIN, K.B. (1970), "Foreign capital, domestic savings and economic development", *Bulletin of the Oxford University Institute of Economics and Statistics*, nº 32, págs. 99-112.
- GRIFFIN, K.B. y ENOS, J.L. (1970), "Foreign assistance: Objectives and consequences", *Economic Development and Cultural Change*, nº 18, págs. 313-27
- GRIFFITH, R., S. REDDING y J. VAN REENEN (2004), "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries." *Review of Economics and Statistics*, vol. 86, nº4, págs. 883-895.
- GRILICHES, Z. (1973), "Research Expenditures and Growth Accounting.", en *Science and Technology in Economic Growth*. Williams, Macmillan, New York, págs. 59-95.

- GROSSMAN, G. Y HELPMAN, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge.
- GUELLEC, D, y VAN POTTELSBERGUE (2001), “The effectiveness of public policies in R&D”, *Revue d’Economie Industrielle*, n° 94, págs. 49-68.
- GUILLAUMONT, P. y CHAUVET, L. (2001), “Aid and Performance: A Reassessment”, *Journal of Development Studies*, n° 37 (6), págs. 66-092.
- GUJARATI, D.N. (2003), *Econometría*, McGraw-Hill, México DF.
- GUMBAU, M. y MAUDOS, J. (2001), “Actividad tecnológica y crecimiento económico en las regiones españolas”, *Working Papers WP-EC 2001-17*, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.
- GUPTA, K.L. (1970), “Foreign capital and domestic savings: A test of Haavelmo’s hypothesis with cross-country data: A comment”, *Review of Economics and Statistics*, n° 52, págs. 214-16.
- HANSEN, H. and TARP, F. (2000), “Aid effectiveness disputed”, *Journal of International Development*, n° 12, págs. 375–398.
- HANSEN, H. y TARP, F. (2001), “Aid and growth regressions”, *Journal of Development Economics*, vol. 64, n° 2, pags. 547–570.
- HARROD, RF. (1939), “An Essay in Dynamic Theory”. *Economic Journal*, n° 49, June, págs. 14-33.
- HEADEY, D. (2008), “Geopolitics and the effect of foreign aid on economic growth: 1970-2001”, *Journal of International Development*, n° 20, págs. 161-180.
- HOWITT, P. (2000), “Endogenous Growth and Cross-country Income Differences”, *American Economic Review*, n° 90, págs. 829-46.
- HOWITT, P. y MAYER-FOULKES, D. (2005), “R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs”, *Journal of Money, Credit and Banking*, n° 37, págs. 147-77.
- HSIAO, C. (2003), *Analysis of panel data*, Cambridge University Press, Nueva York.

- HSIAO, C.; PESARAN, M. H. y TAHMISCIOGLU, A. K. (1999), "Bayes Estimation of Short-Run Coefficients in Dynamic Panel Data Models", en Hsiao, C., Lahiri, K., Lee, L.F. y Pesaran, M.H. (Eds.): *Analysis of Panels and Limited Dependent Variables: A Volume in Honour of G. S. Maddala*, Cambridge University Press, págs. 268-296.
- HUDSON, J. y MOSLEY, P. (2008), "Aid volatility, Policies and Development", *World Development*, nº 10, págs. 2082-2102.
- ISHAM J.; WOOLKOCK, M.; PRITCHETT, L. y BUSBY, G. (2005), "The Varieties of the Resource Experience: How Natural Resource Export Structures Affect the Political Economy of Economic Growth", *World Bank Economic Review*, nº 19, págs. 141-174.
- JONES, C. (1995a), "Times Series Tests of Endogenous Growth Models", *Quarterly Journal of Economics*, mayo, págs. 495-525.
- JONES, C. (1995b), "R&D-Based Models of Economic growth", *Journal of Political Economy*, nº 103, págs. 759-784.
- JONES, C. (2000), *Introducción al Crecimiento Económico*, Pearson Educación, México.
- JONES, C. (2002), "Sources of US Economic Growth in a World of Ideas", *American Economic Review*, nº 92 (1), págs. 220-239.
- JORGENSEN, W., HO, M. y STIROH, K. (2005), *Information Technology and the American Growth Resurgence*, MIT Press, Cambridge
- JORGENSEN, W.; HO, M. y STIROH, K. (2005), "Growth of U.S. Industries and Investments in Information Technology and Higher Education," en *Measuring Capital in the New Economy*, varios autores, University of Chicago Press, Chicago, págs. 403-478.
- KALDOR, N. (1961), "Capital Accumulation and Economic Growth" in F. A. Lutz and D. C. Hague, editors, *The Theory of Capital*. St. Martin Press, New York.
- KAUFMANN, D. y KRAAY, A. (2002), "Growth without Governance", *Economía*, Vol. 3, No. 1, págs. 169-229.



- KAUFMANN, D.; KRAAY, A., y MASTRUZZI, M. (2009), “Governance Matters VIII: Aggregate and Individual Governance Indicators, 1996-2008”, *World Bank Policy Research Working Paper No. 4978*, disponible en <http://ssrn.com/abstract=1424591>
- KAUFMANN, D.; KRAAY, A., y MASTRUZZI, M. (2011), *The Worldwide Governance Indicators (WGI) project*, disponible en: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>
- KHAN, M. y LUINTEL, K. B. (2006), “Sources of knowledge and productivity: How robust is the relationship?“, *OECD, STI/WP 2006/6*.
- KIVIET, J. (1995), “On bias, inconsistency, and efficiency of various estimators in dynamic panel data models”, *Journal of Econometrics*, nº 68 (1), págs. 53-78.
- KOOPMANS, T. (1965), “On the concept of optimal economic growth,” in *Econometric Approach to Development Planning*, North-Holland Publishing, cap. 4, págs. 225–87, Amsterdam.
- KOSACK, S. (2002), “Effective aid: How democracy allows development aid to improve the quality of life”, *World Development*, nº 31, págs. 1-22
- LALL, S. (1992), “Technological capabilities and industrialization”. *World Development*, nº 20, págs. 165-186.
- LEDERMAN, D. y MALONEY, W. (2003), “R&D and Development”. *World Bank Research Working*, nº 3024.
- LEITE C. y WEIDMANN, M. (2002), “Does Mother Nature Corrupt? Natural Resources, Corruption and Economic Growth” en ABED, G.T. y GUPTA, S. (Eds.): *Governance, Corruption and Economic Performance*, IMF, Washington DC, págs. 159-196.
- LENSINK, R. y MORRISSEY, O. (2000), “Aid instability as a measure of uncertainty and the positive impact of aid on growth”, *Journal of Development Studies*, nº 36, págs. 31-49.
- LENSINK, R. y WHITE, H. (2000), “Aid allocation, poverty reduction and the assessing aid report”, *Journal of International Development*, nº 12, págs. 399–412.

- LENSINK, R. y WHITE, H. (2001), “Are there negative returns to aid?”, *Journal of Development Studies*, nº 37 (6), págs. 42-65.
- LEVI, V. (1987), “Anticipated development assistance, temporary relief aid and consumption behavior in low-income countries”, *The Economic Journal*, nº 97.
- LÓPEZ-PUEYO, C.; BARCENILLA-VISÚS, S. y SANAÚ, J. (2008), “International R&D spillovers and manufacturing productivity: A panel data analysis”, *Structural Change and Economic Dynamics*, nº 19, págs. 152–172
- LUCAS, R. (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, *Journal of Monetary Economics*, nº 22, Julio, págs. 3–42.
- LUNDVALL, B.A., (1985), *Product Innovation and User–Producer Interaction*, Aalborg University Press, Aalborg.
- MADDALA, G.S. (2000), *An introduction to econometrics*, McMillan, Londres.
- MADSEN, J. B. (2008), “Semi-endogenous versus Schumpeterian growth models: testing the knowledge production function using international data”, *Journal of Economic Growth*, vol. 13, nº 1, págs. 1-26.
- MALINVAUD, E. (1966), *Statistical Methods of Econometrics*, Rand McNally, Chicago,
- MCGILLIVRAY, M., FEENY, S., HERMES, N. y LENSINK, R. (2006), “Controversies over the impact of development aid: it works; it doesn't; it can, but that depends...”, *Journal of International Development*, nº 18, págs. 1031-1050.
- MILANOVIC, B. (2006a), *La era de las desigualdades*, Editorial SISTEMA, Madrid.
- MILANOVIC, B. (2006b), “La desigualdad mundial de la renta: qué es y por qué es importante”, *PRINCIPIOS, Estudios de Economía Política*, nº 5, págs. 35-56
- MINOIU, C. y REDDY, G.R. (2009), “Development Aid and Economic Growth: A Positive Long-Run Relation”, *IMF working paper*, WP/09/118.
- MOSLEY, P. (1980), “Aid, savings and growth revisited”, *Bulletin of the Oxford University Institute of Economics and Statistics*, nº 42, págs. 79-95

- MOSLEY, P.; HUDSON, J. y HORRELL, S. (1987), "Aid, the public sector and the market in less developed countries", *Economic Journal*, n° 97, págs. 616-641
- NELSON, R.R. Y PHELPS, E.S. (1966), "Investment in humans, technological diffusion, and economic growth", *The American Economic Review*, n°56 (1/2), págs. 69-75
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- OCAMPO, J.A. (2005), "La búsqueda de la eficiencia dinámica: dinámica estructural y crecimiento económico en los países en desarrollo", en J.A. Ocampo (comp.), *Mas allá de las reformas. Dinámica estructural y vulnerabilidad económica*, Bogotá, D.C., cepal/Alfaomega.
- OCDE (2005), *Oslo Manual: Guidelines for collecting and Interpreting Innovation*, 3ª Edition, OECD Publications, Paris.
- OCDE (2002), *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, OCDE, París.
- OUATTARA B., y STROBL, E. (2008), "Aid, Policy and Growth: Does Aid Modality Matter?", *Review of World Economics*, n° 144, págs. 347-65.
- PAPANEK, G.F. (1973), "Aid, foreign private investment, savings, and growth in less developed countries", *Journal of Political Economy*, n° 81, págs. 120-30.
- PAVITT, R. y PATEL, P (1995), "Patterns of technological activity: their measurement and interpretation", en *Handbook of the Economics of Innovative and Technological Change*, P. Stoneman (ed), Ed. Blackwell, Oxford.
- PEREZ, C. (2006), *Problemas resueltos de econometría*, Thomson, Madrid.
- PEREZ, C. y SOETE, L. (1988), "Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity", en *Technical Change and Economic Theory*, Dosi, G et. al. págs. 458-479.

- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2001), *Informe sobre Desarrollo Humano. Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*. Ediciones Mundi-Prensa, S.A. New York
- PORTER, M.E. y S. STERN (2000), “Measuring the ‘Ideas’ Production Function,” mimeo, MIT Sloan School of Management.
- RAJAN, R.G. y SUBRAMANIAN, A. (2005a), “What Undermines Aid’s Impact on Growth?”, *IMF Working Paper*, n° 05/126.
- RAJAN, R. G. y SUBRAMANIAN, A. (2005b), “Aid and Growth: What Does the Cross-Country Evidence Really Show?” *IMF Working Paper*, n° 05/127.
- RAJAN, R.G. y SUBRAMANIAN, A. (2008), “Aid and Growth: What Does the Cross-Country Evidence Really Show?”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 90, n° 4, págs. 643-665.
- ROGERS, M. (2004), “Absorptive capability and economic growth: how do countries catch-up?”, *Cambridge Journal of Economics*, n° 28, págs. 577-596.
- ROMER, P. (1986), “Increasing Returns and Long-Run Growth”, *Journal of Political Economy*, n° 94, 5 (octubre), págs. 1002-1037.
- ROMER, P. (1987), “Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization.” *American Economic Review*, n° 77, Mayo, págs. 56–62.
- ROMER, P. (1990), “Endogenous Technological Change”, *Journal of Economy*, n° 98, págs. 71-102.
- ROODMAN, D. (2006), “An index of donor performance”. *Working Paper 67*, Center for Global Development, Washington, D.C.
- ROODMAN, D. (2007), “The Anarchy of Numbers: Aid, Development, and Cross-Country Empirics”, *The World Bank Economic Review*, vol. 21, n° 2, págs. 255-277.
- ROODMAN, D. (2008), “A note on the theme of too many instruments”, *Center for Global Development Working Paper*, n° 125.

- ROODMAN, D. (2009), “How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata”, *The STATA Journal*, vol. 9, nº 1, págs. 86-136
- ROSENSTEIN-RODAN, P.N. (1961), “International aid for underdeveloped countries”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. XLIII, nº 2, págs. 107-138
- SACHS, J.D. y WARNER, A.M. (1999), “The Big Push, Natural Resource Booms and Growth”, *Journal of Development Economics*, nº 59, págs. 43-76.
- SACHS, J. (2005), *The End of Proverty: Economic Possibilities for Our Time*, Penguin Press, Nueva York.
- SALA-I-MARTIN, X. (1999), *Apuntes de crecimiento Económico*, Antoni Bosch, Barcelona.
- SCHUMPETER, J. (1934), *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- SCHUMPETER, J. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. McGraw-Hill, Nueva York y Londres.
- SCHUMPETER, J. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, Nueva York.
- SEBASTIÁN, J. y BENAVIDES, C. (2007), *Ciencia, tecnología y desarrollo*, AECID, Madrid.
- SOLOW, R. (1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, *Quarterly Journal Of Economics*, nº 70, Febrero, págs. 65-94.
- SOLOW, R. (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function”. *Review of Economics and Statistics*, nº 39, Agosto, págs. 312–320.
- SPINAK, E. (2001), “Indicadores cientiométricos”. *Acimed*, nº 9, págs. 42-49.
- SVENSSON, J. (1999), “Aid, Growth and Democracy”, *Economics and Politics*, nº 11, págs. 275-297.
- SWAN, T. (1956), “Economic Growth and Capital Accumulation”, *Economic Record*, nº 32, Noviembre, págs. 334-361.

- TEZANOS, S. (2008a), “Modelos teóricos y empíricos de asignación geográfica de la ayuda al desarrollo”, *Principios, Estudios de Economía Política*, nº 10, págs. 5-39.
- TEZANOS, S. (2008b), *Cooperación para el desarrollo. Asignación geográfica de la ayuda española*, Biblioteca Nueva, Madrid, 2008
- TEZANOS, S. (2008c), “Políticas públicas de apoyo a la investigación para el desarrollo. Estudio de los modelos IxD en Canadá, Holanda y Reino Unido”, *ICEI Policy Paper*, PP04/08.
- TEZANOS, S., MADRUEÑO, R. y GUIJARRO, M. (2009), “Impacto de la ayuda sobre el crecimiento económico. El caso de América Latina y el Caribe”, *Cuadernos Económicos, Información Comercial Española*, nº 78, págs. 187-220.
- TEZANOS, S. (2010), “Ayuda y crecimiento: una relación en disputa”, *Revista de Economía Mundial*, nº 26, diciembre, págs. 237-259
- TEZANOS, S., GUIJARRO, M. y QUIÑONES, A. (2012), “Desigualdad, ayuda y crecimiento: impacto macroeconómico de donaciones y créditos de ayuda en América Latina y el Caribe”, *Journal of Applied Economics* (en prensa).
- UNCTAD (2007), *El conocimiento, el aprendizaje tecnológico y la innovación para el desarrollo*. Publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra.
- UNITED NATIONS MILLENNIUM PROJECT TASK FORCE ON SCIENCE, TECHNOLOGY, AND INNOVATION (2005), *Innovation: Applying Knowledge in Development*. Earthscan, London.
- VAN BIESEBROECK (2003), “Revisiting some productivity debates”, *NBER Working Paper*, nº 10065.
- VAN BIESEBROECK (2004), “Robustness of Productivity Estimates”, *NBER Working Paper*, nº 10303.
- VÁZQUEZ BARQUERO, A. (2005), *Las nuevas fuerzas del desarrollo*, Antoni Bosch, Madrid.
- VERSPAGEN, B. (1991), “A new empirical approach to catching up or falling behind”, *Structural change and economic dynamics*, nº2, págs. 359-380.

VERSPAGEN, B. (1993), *Uneven growth between interdependent economies*. London: Avebury.

WINDMEJER, F. (2005), “A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators”, *Journal of Econometrics*, Vol. 126, Issue 1, págs. 25-51.

## **6.2. Bases de datos**

BANCO MUNDIAL (2011), *World Development Indicators 2011*, Washington DC.

CAD (2011), *Development Database on Aid from DAC Members: DAC online*, OECD.Stat, disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/>

WEF (World Economic Forum) (2010), *The global competitiveness report 2010-2011*, New York Oxford University Press.

# ANEXOS





# **ANEXO 1**

## **LISTA DE PAÍSES RECEPTORES DE AOD SEGÚN EL CAD**



Países menos desarrollados	Países rentas bajas (< \$935 por habitante en 2007)	Países y territorios de renta media (\$936-\$3.705 por habitante en 2007)	Países renta superior (3.706\$-11.455\$ por habitante en 2007)
Afganistán Angola Bangladesh Benín Bután Burkina Faso Burundi Camboya Rep. África Central Chad Comoras Dem. Rep. Congo Yibuti Guinea Ecuatorial Eritrea Etiopia Gambia Guinea Guinea-Bissau Haití Kiribati Laos Lesoto Liberia Madagascar Malawi Maldivas Mali Mauritania Mozambique Myanmar Nepal Níger Ruanda Samoa Santo Tomé y Príncipe Senegal Sierra Leona Islas Salomón Somalia Sudán Tanzania Timor-Leste Togo Tuvalu Uganda Vanuatu Yemen Zambia	Costa de Marfil Ghana Kenia Dem. Rep. Corea Rep. Kyrgyz Nigeria Pakistán Papúa y Guinea Tayikistán Uzbekistán Vietnam Zimbabue	Albania Argelia Armenia Azerbaiyán Bolivia Bosnia y Herzegovina Camerún Cabo Verde China Colombia Rep. Congo Rep. Dominicana Ecuador Egipto El Salvador Georgia Guatemala Guayana Honduras India Indonesia Irán Iraq Jordania Macedonia Islas Marshall Est. Fed. Micronesia Moldavia Mongolia Marruecos Namibia Nicaragua Niue Palestina Paraguay Perú Filipinas Sri Lanka Suazilandia Siria Tailandia *Tokelau Tonga Túnez Turkmenistan Ucrania *Wallis and Futuna	*Anguilla Antigua y Barbuda <sup>1</sup> Argentina Barbados <sup>2</sup> Bielorrusia Belice Botsuana Brasil Chile Islas Cook Costa Rica Croacia Cuba Dominica Fiyi Gabón Granada Jamaica Kazakstán Líbano Libia Malasia Mauricio *Mayotte México Montenegro *Montserrat Nauru Omán <sup>1</sup> Palao Panamá Serbia <sup>3</sup> Seychelles Sur África *Santa Helena San Cristóbal y Nieves Santa Lucía San Vicente y Granadinas Surinam Trinidad y Tobago <sup>2</sup> Turquía Uruguay Venezuela

Fuente: CAD (2011)

\*Territorios

<sup>1</sup> Antigua y Barbuda y Omán superaron el umbral de renta alta en 2007. De conformidad con las normas del CAD ambos serán excluidos de la lista en 2011 si siguen siendo países de renta alta hasta 2010.

<sup>2</sup> Barbados y Trinidad y Tobago superaron el umbral de renta alta en 2006 y 2007. De conformidad con las normas del CAD para la revisión de esta lista, ambos estarán excluidos de la lista en 2011 si siguen siendo países de renta alta hasta 2010.

<sup>3</sup>La ayuda para Kosovo se encuentra registrada en la ayuda a Serbia. Kosovo estará fuera del listado siempre y cuando sea reconocido por la ONU.

Esta lista del CAD se aprobó en septiembre de 2008 y se utilizó para la presentación de informes en el año 2009 respecto a 2008. Presenta a los países y territorios en grupos. Los países menos adelantados (PMA), definidos por las Naciones Unidas se encuentran en la primera columna, las otras columnas muestran todos los demás beneficiarios de la AOD de acuerdo con su Renta Nacional Bruta (RNB) per cápita según la información del Banco Mundial.

## **ANEXO 2**

### **ESQUEMA DE TEORÍAS DE CRECIMIENTO CON INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**



<b>Autor</b>	<b>Tipo de modelo</b>	<b>Fuentes de crecimiento</b>	<b>Rasgos característicos</b>
<b>Schumpeter (1939)</b>	Endógeno	Racimos de innovación	Inestabilidad de crecimiento, teoría explicativa del ciclo largo tipo Kondratiev
<b>Solow (1956)</b>	Exógeno	Crecimiento demográfico y progreso tecnológico exógeno.	Carácter transitorio del crecimiento en ausencia de progreso tecnológico.
<b>Arrow (1962)</b>	Semi-endógeno	Fallos del mercado y deficiencias respecto a la competencia perfecta	Aprendizaje por la práctica y la acumulación del conocimiento.
<b>Romer (1986)</b>	Endógeno	Innovación tecnológica	Aumento de la cantidad de bienes intermedios.
<b>Lucas (1988)</b>	Endógeno	Externalidades del capital humano	Acumulación de capital
<b>Acemoglu (2008)</b>	Endógeno	Innovación tecnológica	Crecimiento económico, progreso técnico y gasto en
<b>Grosman y Helpman</b>	Endógeno	Innovación tecnológica	Mejora de la calidad de los productos.
<b>Aghion y Howitt (1998)</b>	Endógeno	Innovación tecnológica	Mejora de la calidad de productos.
<b>Jones (1995b)</b>	Endógeno	Mejoras en los niveles de educación.	Número de científicos como determinantes del crecimiento.

*Fuente:* Elaboración propia





# **ANEXO 3**

## **INFLUENCIA DE LA INNOVACIÓN EN EL CRECIMIENTO. PRINCIPALES ESTUDIOS EMPÍRICOS**



Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Coe y Helpman (1995)</b>	21 países de la OCDE e Israel.	1971-1990	Análisis de regresión, datos en panel.	La I+D extranjera tiene más efecto en un país cuanto más abierto esté al comercio, cuanto más invierta en I+D y cuanto mayor sea el nivel de educación de sus trabajadores (porque será capaz de asimilar mejor los <i>spillovers</i> tecnológicos).
<b>Jones (1995)</b>	EEUU	1950-1991	Análisis de regresión, series temporales	En EEUU el número de científicos en el sector de la I+D ha pasado de 554.000 en 1970 a 960.000 en 1991 y el crecimiento de la productividad total de los factores se ha mantenido constante, incluso decreciente, a pesar del continuo incremento del gasto en I+D y del número de ingenieros y científicos.
<b>Coe, Helpman y Hoffmaister (1997)</b>	77 países en desarrollo y 22 países desarrollados	1971-1990	Análisis de regresión, datos en panel	Estiman el impacto del <i>stock</i> de la I+D extranjera de una economía sobre la PTF de los países en desarrollo. Es decir, analizan si los países en desarrollo se benefician del esfuerzo de I+D ejecutado por los países desarrollados. Su principal conclusión es que el <i>stock</i> de I+D de un socio comercial tiene un impacto positivo y significativo sobre la PTF del país local.
<b>Gordon (2000)</b>	EEUU	1995-2000	Análisis de regresión, series temporales	La aceleración de la productividad de EEUU se atribuye casi exclusivamente al sector TIC.
<b>Porter y Stern (2000)</b>	17 países de la OCDE	1973-1996	Análisis de regresión, datos en panel	Estiman los parámetros de la función de producción de ideas y alcanzan a cuatro conclusiones: i) la I+D aumenta la productividad de manera proporcional al número de ideas ya descubiertas; ii) la productividad de las ideas en un país determinado es constante o decreciente con el <i>stock</i> mundial de ideas; iii) la función de producción de ideas es cóncava y la vinculación entre la producción de ideas y el crecimiento de la productividad es pequeña; y iv) existe una brecha entre la producción sostenida de ideas por las economías avanzadas y la capacidad de traducir las ideas en crecimiento de la productividad.
<b>Gumbau y Maudos (2001)</b>	Las regiones españolas	1986-1996	Análisis de regresión, datos en panel	Existe una correlación positiva entre la posición tecnológica de las regiones y su nivel de renta <i>per capita</i> . Las regiones que realizan un mayor esfuerzo innovador son las que alcanzan mayores niveles de renta.

Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Griffith, Redding y Van Reenen (2004)</b>	Industrias de 12 países de la OCDE	1974-1990	Análisis de regresión, datos en panel	La I+D mejora la capacidad productiva de las empresas de forma directa (mejoras tecnológicas) e indirectamente (transferencias de tecnología que mejoran la capacidad de absorción). La I+D tiene un peso importante en el crecimiento económico, seguida del capital humano y el comercio.
<b>Guellec y Van Pottelsbergue (2001)</b>	16 países miembros de la OCDE	1980-1998	Análisis de regresión, datos en panel	Tres conclusiones principales: i) la I+D es muy importante para la productividad y el crecimiento económico; ii) los gobiernos deberían proporcionar la financiación para la I+D realizada en el sector público, en particular en la enseñanza superior, que tiene un impacto sobre el crecimiento a largo plazo; y iii) el efecto provocado por la I+D pública sobre el crecimiento depende de la intensidad del esfuerzo en la I+D de las empresas.
<b>Jones (2002)</b>	G5 (Francia, Alemania, Japón, Reino Unido y EEUU)	1950-1993	Análisis de regresión, corte transversal	El 70% del crecimiento se atribuye a un aumento en el <i>stock</i> de ideas producidas por los investigadores de los países del G-5. En EEUU la tasa de crecimiento media de productividad del trabajo fue de un 2%, a lo que contribuyó con un 1,4% el <i>stock</i> de conocimientos del G5 y con un 0,6% procedente del aumento de la educación.
<b>Lederman y Maloney (2003)</b>	Cuatro grupos de países de América Latina, Asia, exportadores de manufacturas y países con abundancia de recursos naturales.		Análisis de regresión, datos en panel	Existe una clara relación positiva entre el gasto en I+D y el logaritmo del PIB <i>per capita</i> . El gasto en I+D se incrementa con el nivel de desarrollo y su tasa de crecimiento también se incrementa a medida que el PIB <i>per capita</i> aumenta. Encuentran que las variables que explican el mayor gasto en I+D en los países de mayores ingresos respecto de los países pobres son el sistema financiero, la protección de los derechos de propiedad intelectual, la mayor eficiencia del gobierno para movilizar recursos y la calidad de las instituciones en las que se lleva a cabo la investigación. Estas variables explican por qué los esfuerzos en I+D aumentan con el nivel de desarrollo. Estiman que un aumento del gasto en I+D en medio punto porcentual del PIB, aumentaría el crecimiento del PIB entre 0,3 y 0,4 puntos porcentuales anuales.

Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Denis <i>et al</i> (2004)</b>	UE y EEUU	1960-2004 1975-2004	Análisis de regresión, series temporales	Comparan la evolución de la productividad de la UE con la de EEUU desde 1960, destacando que hasta 1990 la productividad creció a tasas más altas en Europa, y a partir de entonces ha ocurrido lo contrario. Las causas de este retroceso con relación a EEUU se atribuyen a los factores de crecimiento endógeno: menor esfuerzo en I+D y educación.
<b>Denis <i>et al</i> (2004)</b>	Países de la OCDE	1975-2000	Análisis de regresión, datos en panel	Calculan el efecto de largo plazo sobre la productividad, considerando una función de producción de Cobb–Douglas con rendimientos constantes de escala y donde la PTF aumenta con la I+D y la educación. La estimación econométrica de las elasticidades confirma el importante papel de la I+D y, en menor medida, de la educación, la apertura y el tamaño del país. Estiman el efecto de un aumento del esfuerzo investigador de un 1% del PIB sobre el PIB <i>per capita</i> . A corto plazo, el efecto varía entre un 0 y 0,6%, pero a largo plazo, teniendo en cuenta el efecto de realimentación de los conocimientos generados hoy sobre la investigación futura, el efecto puede llegar al 18%.
<b>Fraumeni y Okubo (2005)</b>	EEUU	1961-2000	Análisis de regresión, series temporales	Se contabiliza la I+D como inversión y no como gasto corriente, lo que permite una mejor identificación de las variables que son importantes para un análisis de las fuentes de crecimiento y, por tanto, la determinación de la contribución de la I+D al desarrollo económico. Estiman una contribución de 0,38 puntos porcentuales del crecimiento del PIB al efecto de la I+D.
<b>Jorgenson, Ho y Stiroh (2005)</b>	EEUU	1995-2002	Análisis de regresión, series temporales	Analizan las fuentes del crecimiento económico, de la productividad del trabajo y de la PTF en EEUU. Los resultados confirman la creciente aportación de la inversión en TIC en la explicación de los fundamentos de la economía de EE UU. En lo que se refiere al crecimiento económico en el período 1995-2002, la inversión en tecnologías digitales ha explicado unos 0,64 puntos porcentuales del aumento del PIB, lo que representa un 17,8% del crecimiento económico en el período, frente a una participación del 15,2% en el período 1989-1995, del 11,8% en el período 1973-1989 y del 2,8% en el período 1948-1973.

Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Aghion y Howitt (2005)</b>	UE y EEUU	1960-2000	Análisis de regresión, series temporales	<p>Analiza cómo las políticas macroeconómicas no tienen el mismo resultado en un país que en otro. En un país situado en la frontera tecnológica, el crecimiento depende cada vez más del nivel de educación universitaria en la fuerza laboral, mientras que en los situados fuera de esta frontera dependen todavía más del peso de la educación secundaria en el total de la población empleada.</p> <p>Se utiliza del modelo de “destrucción creadora” para establecer que aunque la mayor parte de los modelos elogian la acumulación de capital, a veces es mucho más eficiente destruirla. Es decir, el crecimiento de un país suele ser más rápido conforme se acerca a la frontera tecnológica, si se mantienen los mercados totalmente abiertos a la entrada de nuevas ideas o nuevos competidores, que o bien expulsan del negocio a las ideas anteriores o a las empresas establecidas, o bien las incentivan a invertir para poder sobrevivir.</p>
<b>Jorgenson, Ho y Stiroh (2005)</b>	Países del G7	1980-2001	Análisis de regresión, datos en panel	<p>Estudian el papel desempeñado por las TIC en las mejoras de la eficiencia global de las economías del G7. El componente TIC en la productividad total de los factores ha aumentado significativamente su participación en el período 1995-2001 con relación al período 1989-1995, explicando desde los 0,82 puntos porcentuales del aumento de la productividad del trabajo en Gran Bretaña, a los 0,17 puntos de Canadá.</p>
<b>Aghion, Comin y Howitt (2006)</b>	118 países	1960-2000	Análisis de regresión, datos en panel	<p>Un país poco adelantado necesita para innovar que una empresa extranjera invierta en él y le transfiera tecnología. Para ello, el país receptor también necesita invertir en I+D para poder absorber esta tecnología, algo que se consigue en los países con más ahorro interno.</p> <p>El modelo explica la relación entre la tasa de ahorro y el crecimiento en países alejados de la frontera tecnológica, no siendo así en países que si están en ella.</p>

Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Khan y Luintel (2006)</b>	16 países de la OCDE	1980-2002	Análisis de regresión, datos en panel	Se analiza la contribución al aumento de la PTF de diversas variables explicativas: <i>stock</i> de conocimientos privado, público y extranjero, las infraestructuras, la Inversión Extranjera Directa, las exportaciones de alta tecnología y el capital humano. Los resultados fueron que las tres variables de conocimiento tienen signo positivo y significativo en todos los países.
<b>Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006)</b>	Países no pertenecientes a la OCDE, incluyendo Corea y México.	1965-1995	Análisis de regresión, datos en panel	Evaluación de pros y contras de las estrategias de crecimiento basadas en la inversión en capital físico y en innovación. La premisa principal del análisis es que la innovación es más importante cuando una economía está más próxima a la frontera tecnológica mundial. Las empresas tienen poco incentivo a innovar cuando controlan el mercado nacional y no hay competencia externa. Con competencia externa, la innovación es fundamental para mantener el liderazgo del mercado. Las trabas a la apertura internacional hacen más daño a los países que están más cerca de la frontera tecnológica.
<b>Madsen (2008)</b>	21 países desarrollados	1965-2004 (con datos de I+D) 1898-2004 (con datos de patentes)	Análisis de regresión, datos en panel	Se estiman distintas especificaciones de las teorías de crecimiento schumpeterianas para valorar su cumplimiento a largo plazo. Se realiza un análisis de sensibilidad con diversas alteraciones en la medición de la distancia a la frontera tecnológica, el deflactor de la I+D, la medición de los <i>spillovers</i> tecnológicos internacionales y la introducción de rupturas estructurales. Los resultados demuestran que el esquema schumpeteriano explica el comportamiento de las series temporales, pero no los cortes transversales analizados.
<b>Barcenilla, López-Pueyo y Sanaú (2008)</b>	10 sectores productivos manufactureros en 6 países desarrollados	1979-2000		Estiman la PTF de cada sector y comprueban que la innovación obtenida de otros países tiene más efecto que la generada por el propio sector sobre su productividad.



Estudio	Muestra	Años	Técnica de estimación	Principales Resultados
<b>Barro y Sala-i-Martin (2009)</b>	Hong Kong, Singapur, Corea del Sur y Taiwán	1966-1990	Análisis de regresión, datos en panel	La principal fuente de crecimiento es el progreso tecnológico. De acuerdo con sus estimaciones para cuatro países de Asia Oriental en Hong Kong el 59% del crecimiento del PIB puede atribuirse al progreso tecnológico, el 49% en Singapur y el 53% en Taiwán. Únicamente la tasa de crecimiento de Corea del Sur puede explicarse en buena parte por la acumulación de factores exógenos.

*Fuente:* Elaboración propia

# **ANEXO 4**

## **DISTRIBUCIÓN DE LA AOD-CT POR PAÍSES Y SECTORES (2005-2008)**



	11182: Invest. en Educación	11330: Formación Profesional	11420: Enseñanza Superior	11430: Formación técnica y gestión avanzada	12181: Educación y formación Médica	12182: Invest. Médica	12261: Educación sobre salud	12281: Perfeccionamiento del personal sanitario	13081: Formación de personal en asuntos de población y salud reproductiva	14081: Educación y capacitación sobre suministro de agua y saneamiento
Pakistán	0.180591	23.628404	58.744060	0.137968	0.076457	0.000000	0.048405	0.034894	0.001859	0.295514
Palau	0.000000	0.000000	11.571412	1.164139	0.000000	0.000000	0.428239	68.246022	0.000000	0.000000
Palestina	0.456620	15.410432	46.285135	2.352224	0.369774	0.000000	0.897398	1.682390	0.000000	1.471006
Panamá	1.070548	29.545826	42.869552	3.936776	0.508658	0.281539	5.048726	0.236512	0.000000	0.000000
Papúa Nueva Guinea	0.000000	4.251993	9.677387	1.301398	0.930210	9.956801	0.374661	0.127951	0.000000	0.006682
Paraguay	1.328015	46.198695	25.334681	1.977684	0.273392	0.566817	0.112316	4.512154	0.000000	0.009326
Perú	3.098081	27.366949	33.881851	2.529814	0.090804	5.367153	1.525738	0.442243	0.000000	6.392812
Filipinas	0.182450	14.754148	44.320926	1.216178	0.228891	0.375670	2.429063	0.544590	2.936923	0.441348
Ruanda	0.007151	6.086014	37.553302	1.797041	1.406701	0.149085	0.584882	9.074911	0.084413	0.269613
Sao Tome y Príncipe	0.000000	2.669685	83.691082	1.140503	0.006958	0.000000	0.790617	0.000000	0.000000	0.235239
Senegal	0.070260	7.159757	44.112063	0.429989	0.033479	13.820117	0.045319	0.412430	0.217925	0.001063
Serbia	0.082088	14.294741	55.425676	0.877652	0.195753	0.105311	5.093222	0.063297	0.000000	0.000000
Seychelles	0.000000	0.655335	31.784847	0.270894	0.578096	17.744144	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sierra Leona	0.034690	36.030113	18.930728	0.020127	0.000000	0.686358	0.612027	1.847963	0.000000	1.856657
Salomón Islas	0.000000	29.720360	24.495591	0.176148	0.000000	0.000000	1.389989	0.000000	0.000000	0.000000
Somalia	1.084240	24.424982	12.821726	3.383487	8.708459	2.005820	15.382983	10.614891	0.000000	2.339625
Sur África	7.635953	15.409092	23.245986	4.020978	1.817754	2.321841	2.752832	0.722949	0.044589	0.000440
Sri Lanka	0.000000	50.418273	24.952714	0.128116	1.015046	0.099251	0.186133	0.050575	0.003284	0.007510
St. Cristóbal y Nieves	0.000000	13.640356	85.589116	0.454202	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
St. Lucía	0.000000	58.026092	28.896741	0.054237	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
S. Vicente y Granadinas	0.000000	0.000000	54.038431	0.553840	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sudan	1.852331	11.465781	42.590587	1.859862	0.982059	1.208447	2.141697	1.259541	0.156241	0.403776
Surinam	0.000000	0.000000	96.282900	0.037570	0.556359	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Suazilandia	0.000000	3.046095	24.245300	34.238571	2.942124	0.000000	1.282655	0.000000	0.000000	0.000000
Siría	0.208876	0.434693	88.489286	0.189787	0.652972	0.014921	0.354980	0.237861	0.000000	1.368309
Tayikistán	0.000000	30.682255	17.350166	1.828705	2.580641	0.221763	0.127644	1.589433	0.000000	0.649072
Tanzania	0.067289	3.534395	64.216555	1.485068	1.003323	1.437231	1.955746	1.463781	0.064195	0.303442
Tailandia	0.424402	1.351570	45.361090	1.620756	0.153136	14.759059	0.018073	0.012044	0.000644	0.000000
Timor-Leste	0.033953	12.360090	61.286714	2.300110	1.354272	0.000000	0.389385	0.118499	0.019949	0.000000
Togo	0.000000	1.638648	90.329448	0.371094	0.163752	0.160488	0.803717	0.372537	0.000000	0.024098
Tonga	0.900534	4.998610	65.770257	0.317100	0.000000	0.000000	0.095062	0.000000	0.000000	0.000000
Trinidad y Tobago	0.000000	0.043177	5.930084	84.595891	0.000000	0.297610	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Tunez	0.059030	10.288879	83.622909	0.734323	0.001373	1.131111	0.000000	0.000000	0.000000	0.032140
Turquía	0.476795	2.809124	78.694221	0.038492	0.006569	0.000000	0.205248	0.005681	0.000000	0.047333
Turkmenistán	0.000000	33.898732	48.999990	4.266914	0.000000	0.000000	0.169099	0.220261	0.000000	0.000000
Tuvalu	0.000000	0.110740	63.838221	0.000000	0.000000	0.000000	0.174093	0.000000	0.000000	0.000000
Uganda	0.019182	12.469577	48.285500	2.187636	5.971735	0.120316	0.534973	1.077871	0.012202	0.813443
Ucrania	0.218551	0.236072	73.533873	2.506272	0.114676	0.104817	0.012009	0.049466	0.000000	0.004840
Uruguay	0.583100	1.961465	33.234146	1.642081	0.124876	5.992823	0.206234	0.000000	0.000000	0.108924
Uzbekistán	0.053345	36.752680	39.299220	1.720724	0.261476	0.000000	0.863053	0.141840	0.000000	0.000000
Vanuatu	0.002680	20.975294	55.086444	0.093705	0.213898	0.765632	0.020178	3.107887	0.000000	0.000000
Venezuela	0.136730	9.832374	81.913117	0.337241	0.000000	0.071951	0.445930	0.137937	0.000000	0.000000
Vietnam	0.608907	6.347634	60.775312	2.544000	2.683098	2.784467	0.436093	0.280999	0.000000	1.068271
Yemen	0.972762	21.469630	53.993783	1.340214	0.056095	0.000000	0.168372	0.776615	1.954753	11.554344
Zambia	0.682818	10.282189	23.989384	1.610771	0.976685	1.499810	2.877169	0.942447	0.383714	3.224740
Zimbabue	0.119218	0.841396	37.950661	0.670126	0.600839	1.135364	5.381236	0.452847	0.520324	0.064529

	16062: Fomento de la capacidad estadística	21081: Educación y capacitación sobre transporte y almacenamiento	23081: Educación y capacitación sobre energía	23082: Invest. Energética	24081: Educación y capacitación sobre servicios bancarios y financieros	31166: Extensión Agrícola	31181: Educación y capacitación sobre agricultura	31182: Invest. agrícola	31281: Educación y capacitación forestal	31282: Invest. Forestal
<b>TOTAL receptores</b>	<b>1.482523</b>	<b>0.117129</b>	<b>0.349126</b>	<b>0.171356</b>	<b>0.387996</b>	<b>3.748728</b>	<b>1.219237</b>	<b>6.731053</b>	<b>0.112730</b>	<b>0.210932</b>
Afganistán	2.114427	0.098239	0.000000	0.027264	0.000000	1.455942	0.177327	0.396502	0.000000	0.000000
Albania	7.806154	0.014210	0.105548	0.000000	1.572791	1.194612	0.376453	0.442357	0.000000	0.000000
Argelia	0.048593	0.000000	0.030249	0.000000	0.009386	0.000000	0.030333	0.011645	0.000000	0.000000
Angola	3.652676	0.000000	1.751733	0.000000	0.302944	10.817820	1.541005	0.607361	0.000000	0.152850
Antigua y Barbuda	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Saudí Arabia	0.000000	0.119887	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Argentina	0.691222	0.000000	0.097321	0.001411	0.001032	1.470195	1.769737	3.741861	0.045323	0.002400
Armenia	0.189589	0.000000	0.278388	0.000000	0.304638	7.146738	0.068059	0.067269	0.000000	0.000000
Azerbaiyán	1.112074	0.000000	5.028591	0.000000	0.574296	11.304617	0.498850	0.084584	0.000000	0.000000
Bangladesh	1.124868	0.000000	0.001754	0.000000	0.035721	21.681749	2.677949	3.327707	0.000000	0.000000
Barbados	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Belarus	0.143888	0.000000	0.422142	0.000000	0.768429	0.162357	1.864082	0.010994	0.000000	0.000000
Belice	11.517104	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	75.879782	0.000000	0.000000	0.000000
Benín	0.570953	0.009599	0.000000	0.000000	0.000000	0.134831	0.194134	7.730682	0.010952	0.000000
Bután	2.798031	0.000000	0.488857	0.218786	0.000000	8.710286	0.319263	2.635831	0.000000	0.097594
Bolivia	0.971500	0.000000	0.069152	0.000000	0.110894	3.998267	1.457775	4.828007	0.015818	1.504344
Bosnia-Herzegovina	7.068879	0.011518	0.320837	0.000000	0.000000	7.265929	3.398680	0.051847	0.000000	0.000000
Botsuana	1.712559	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	55.831965	0.000000	0.000000
Brasil	0.042995	0.000000	0.173267	0.039341	0.000000	1.069231	0.680390	22.961465	0.374074	0.001142
Burkina Faso	2.954141	0.007179	0.000000	0.000000	0.000000	14.923162	0.664813	12.727703	0.000000	0.000000
Burundi	0.601580	0.000000	0.000000	0.000000	0.004411	32.401401	0.447101	7.508416	0.000000	0.000000
Camboya	7.487125	0.092852	0.322300	0.000000	0.099699	8.216047	1.119638	2.809414	1.630472	0.003807
Cameron	0.344090	0.005946	0.001072	0.016174	0.000000	0.084312	0.301039	9.784791	0.000000	0.000000
Cape Verde	1.622104	0.011195	0.000000	0.000000	0.146728	0.000000	0.000000	0.065712	0.000000	0.000000
Chad	7.240191	0.000000	0.000000	0.004046	0.000000	1.905037	1.647662	0.567164	0.000000	0.000000
Chile	0.341512	0.231586	0.017796	0.000000	0.000000	0.000000	0.105226	1.195423	0.044201	0.000000
China	0.654231	0.278434	0.836293	0.014505	0.016697	1.009112	0.085843	0.368075	0.001725	0.180898
Colombia	2.148375	0.000000	0.010775	0.023881	0.000000	0.000000	0.727781	6.198520	0.000000	0.008541
Comoros	0.321290	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.187640	12.752308	0.000000	0.000000	0.000000
Congo, Dem. Rep.	3.298569	0.000000	0.005610	0.000000	4.950852	0.967503	0.685514	11.065135	3.168532	0.000000
Congo, Rep.	0.060242	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	7.775046	0.000000	0.000000
Costa Rica	0.469758	0.000000	0.047897	0.000000	0.000000	0.000000	0.003598	36.452605	0.000000	0.000000
Costa de Marfil	0.653815	0.007334	0.003578	0.000000	0.000000	0.022421	0.203973	5.014032	0.000000	0.000000
Corea, Dem. Rep.	14.626119	0.000000	0.000000	0.000000	6.172553	0.000000	0.000000	3.902603	0.000000	0.000000
Croacia	8.856250	0.000000	0.321739	0.000000	0.037936	0.000000	0.000000	0.031441	0.000000	0.000000
Cuba	0.252633	0.000000	0.017719	0.000000	0.000000	0.000000	0.668862	0.883977	0.000000	0.000000
Djibouti	1.103984	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dominica	2.451258	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Rep. Dominicana	2.052444	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.063830	1.796848	3.265205	0.130654	0.000000
Ecuador	0.716968	0.003080	0.322134	0.000000	0.153550	0.679816	1.563928	8.628675	0.015140	0.061521
Egipto	0.565130	0.458854	0.097729	0.006198	0.099107	0.000000	0.034892	1.357712	0.000000	0.000000
El Salvador	4.981427	0.000000	0.093292	0.000000	0.928643	1.829893	3.483039	7.159060	0.000000	0.000000
Eritrea	3.706835	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	9.721608	30.465229	0.000000	0.000000
Etiopia	6.657765	0.004812	0.009922	0.020631	0.000000	35.620828	0.315504	3.518258	3.101248	0.245764
Fiji	1.486834	0.000000	0.211121	0.000000	0.000000	0.000000	2.958482	1.430436	0.000000	0.001134
Gabón	0.140601	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	12.034135	0.000000	0.000000
Gambia	4.571848	0.338694	0.000000	0.000000	0.000000	7.532409	1.259263	2.233313	0.000000	5.390597
Georgia	0.575831	0.000000	1.759091	0.000000	0.310250	3.258820	0.264098	0.081234	0.000000	0.000000

	16062: Fomento de la capacidad estadística	21081: Educación y capacitación sobre transporte y almacenamiento	23081: Educación y capacitación sobre energía	23082: Invest. Energética	24081: Educación y capacitación sobre servicios bancarios y financieros	31166: Extensión Agrícola	31181: Educación y capacitación sobre agricultura	31182: Invest. agrícola	31281: Educación y capacitación forestal	31282: Invest. Forestal
Ghana	1.005052	0.028581	0.039896	0.045105	0.000000	12.831725	42.124441	7.312083	0.136959	0.000000
Grenada	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Guatemala	6.962624	0.000000	0.000000	0.000000	7.062364	0.407130	3.308048	0.452439	0.037211	0.000000
Guinea	0.665894	0.000000	0.000000	0.000000	0.001059	0.000000	0.000000	7.684291	0.000000	0.000000
Guinea-Bissau	3.204702	0.065226	0.000000	0.000000	0.000000	2.362735	0.298852	0.432109	0.000000	0.000000
Guinea Ecuatorial	0.384039	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Guyana	14.191200	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Haití	0.765854	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.751993	3.383604	0.020604	0.000000	0.000000
Honduras	0.853497	0.000000	0.123927	0.001511	0.000000	0.243131	34.113341	9.619805	2.370536	0.000000
India	0.468995	0.039603	0.052467	0.251124	0.044035	21.485971	0.282365	1.793458	0.037361	0.008284
Indonesia	0.331078	0.000000	1.912558	0.011637	0.153268	7.581819	0.213142	5.341306	0.005852	0.238427
Irán	0.175892	0.007255	0.000000	0.000000	0.000135	0.000000	0.000000	0.019318	0.000000	0.000000
Iraq	0.427065	0.000000	0.020636	0.000000	0.021047	0.009106	5.704045	0.009591	0.000000	0.000000
Jamaica	10.525045	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Jordania	1.449559	0.070963	0.100779	0.000000	0.000000	0.000000	0.059600	0.116555	0.000000	0.000000
Kazakstán	1.176369	0.000000	5.341661	0.000000	0.178862	0.494622	0.000060	1.820996	0.000000	0.241457
Kenia	9.552494	0.000000	5.043771	0.000000	0.280513	25.751569	0.341796	10.695165	0.000000	0.000000
Kiribati	0.156483	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.130633	0.000000	0.000000	0.000000
Kyrgyz Republica	4.200483	0.000000	3.084567	0.000000	0.095159	11.990307	1.630718	1.547554	0.000000	0.000000
Laos	0.649065	0.000000	0.270259	0.000000	0.206700	3.798859	1.413244	33.874872	0.000000	0.411081
Líbano	0.125517	0.022076	0.000000	0.000000	0.005968	0.503253	0.055297	0.181234	0.000000	0.000000
Lesoto	0.764668	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.213774	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Liberia	7.870726	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.926853	0.400501	0.000000	0.000000
Libia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	9.066345	0.000000	0.000000
Macedonia, FYR	9.489122	0.000000	0.298529	0.000000	0.105539	0.000000	0.071246	2.029573	0.000000	0.000000
Madagascar	0.292966	0.000000	0.134333	0.000000	0.000000	12.638074	2.163599	24.671371	0.000000	0.000000
Malawi	9.296095	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	14.329189	4.115097	9.291603	0.000000	0.000000
Malaysia	0.641335	0.010702	0.016235	0.000000	0.000000	0.000000	0.306477	1.249920	0.000000	0.000000
Maldivas	3.197253	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	7.938413	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Mali	2.531081	0.000000	0.000000	0.000000	0.214362	19.358464	0.804575	17.889037	0.000000	0.000000
Marshall	19.340075	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Mauritania	0.970639	0.020761	0.000000	0.000000	0.000000	13.312278	0.044982	0.136318	0.000000	0.000000
Mauricio	0.047262	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.012717	0.000000	0.000000
México	0.297098	0.006374	0.378381	0.000000	0.026907	0.267582	0.039318	4.956425	0.062596	0.007209
Micronesia	13.337233	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Moldavia	1.213955	0.000000	3.882219	0.000000	0.641987	3.199458	8.499573	1.399620	0.000000	0.000000
Mongolia	0.531271	0.010799	0.037476	0.000000	0.443726	0.000000	0.103690	1.311810	0.000000	0.003809
Montenegro	5.915907	0.000000	13.353778	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Marruecos	0.059830	0.329049	0.005526	0.000753	0.005433	0.005375	0.030570	1.200429	0.000000	0.023615
Mozambique	3.453368	0.000000	0.000000	1.047510	0.007850	10.287765	1.200835	2.337580	0.034677	0.014729
Myanmar	5.116211	0.000000	0.167439	0.000000	0.071490	0.000000	4.494548	1.004628	0.000000	0.014152
Namibia	1.564294	2.479806	0.000000	0.875374	32.862712	0.000000	0.000000	0.000000	1.510868	0.000000
Nepal	1.444605	0.000000	1.512907	0.671772	0.008995	11.472995	0.536325	0.282111	0.119556	1.096716
Nicaragua	0.703047	0.000000	0.010396	0.000000	0.000000	16.392019	4.248989	1.820422	1.072605	0.000000
Níger	2.732995	0.014895	0.000000	0.000000	0.000000	0.232942	0.266910	9.014685	0.000000	0.000000
Nigeria	1.584708	0.000000	0.105100	0.000000	0.021527	15.594158	0.025641	1.026644	0.000000	0.000000
Omán	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

	16062: Fomento de la capacidad estadística	21081: Educación y capacitación sobre transporte y almacenamiento	23081: Educación y capacitación sobre energía	23082: Invest. Energética	24081: Educación y capacitación sobre servicios bancarios y financieros	31166: Extensión Agrícola	31181: Educación y capacitación sobre agricultura	31182: Invest. agrícola	31281: Educación y capacitación forestal	31282: Invest. Forestal
Pakistán	1.495569	0.000000	0.033591	0.072046	0.797117	2.663903	0.146778	2.673120	0.000000	0.000000
Palau	10.039995	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Palestina Adm. Areas	4.353724	0.017295	0.082628	0.000000	0.000000	0.000000	3.142380	0.053521	0.000000	0.000000
Panamá	3.319122	0.000000	0.170026	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.356036	0.000000
Papúa Nueva Guinea	0.772810	1.467345	0.000000	0.000000	0.000000	2.875768	2.579938	40.704922	0.557179	0.896843
Paraguay	2.428653	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.900303	1.852752	9.853923	0.000000	0.000000
Perú	1.134381	0.000000	0.109731	0.000000	0.000000	1.165492	3.743285	1.786615	0.027466	0.000000
Filipinas	1.529813	0.000000	0.152110	0.466431	6.299618	0.610144	2.120702	5.469928	0.022295	0.260065
Ruanda	13.280301	0.000000	0.085842	0.000000	0.021755	1.622942	1.031383	3.553136	0.000000	0.000000
Sao Tome & Príncipe	2.129935	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.036847	0.080741	0.000000	0.312242
Senegal	0.132851	0.002472	0.004948	0.030028	0.224768	4.991478	0.248050	9.370070	0.144577	0.001186
Serbia	5.956723	0.000000	2.120523	0.164523	0.215211	0.000000	2.210799	0.606263	0.000000	0.000000
Seychelles	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	6.659007	0.000000	0.000000
Sierra Leona	2.561141	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	9.817999	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Salomón Islas	0.317768	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.303397	0.089280	1.182280	0.266632	0.315963
Somalia	15.783733	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.383616	0.000000	0.000000	0.000000
Sur África	0.313259	0.048868	0.063970	0.945988	0.007972	1.019376	0.468507	9.831798	0.087658	0.161926
Sri Lanka	0.493839	0.000000	0.000000	4.998072	3.690564	0.460459	0.200313	0.327875	0.000000	0.000000
St. Cristobal y Nieve	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
St. Lucia	5.035164	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.205602	0.000000	0.000000	0.000000
St. Vincent & Grenadi	21.146679	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sudan	14.044601	0.000000	0.160853	0.000000	0.000000	7.585523	4.298672	0.106428	0.321951	0.000000
Surinam	0.000000	0.316376	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Suazilandia	30.180456	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Siria	0.272456	0.099178	0.017051	0.000000	0.025939	1.277733	0.013866	0.650523	0.000000	0.000000
Tayikistán	12.682974	0.000000	1.523308	0.000000	0.000000	23.405619	0.028728	1.155605	0.000000	0.000000
Tanzania	1.626307	0.069194	0.000498	0.008974	0.000000	17.102265	0.131919	0.341598	0.002491	0.496704
Tailandia	0.550234	0.000000	0.032477	0.000000	0.012810	0.047735	0.289799	13.241150	0.000000	0.051302
Timor-Leste	0.499089	0.000000	0.281568	0.000000	0.000000	0.011803	0.542699	0.929220	0.000000	0.000000
Togo	0.712568	0.024777	0.000000	0.000000	0.084040	0.000000	0.423014	0.079567	0.000000	0.000000
Tonga	3.366423	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.288096	0.102206	0.000000	0.000000
Trinidad and Tobago	0.032679	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	8.040432	0.000000	0.000000
Tunez	0.102467	0.002024	0.000000	0.000000	0.007754	0.000000	0.013900	0.723056	0.000000	0.000000
Turquía	4.094813	0.001765	0.000000	0.008309	0.000000	0.000000	0.004164	0.002882	0.000000	0.000000
Turkmenistán	12.010359	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.316716	0.000000	0.000000	0.000000
Tuvalu	0.256360	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Uganda	11.169654	0.000000	0.118860	0.099928	0.020516	10.696621	0.695633	2.653286	0.039136	0.000000
Ucrania	0.069836	0.007679	1.470680	0.025705	0.068563	0.774972	0.316309	0.028746	0.000000	0.000000
Uruguay	1.631743	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.275238	0.325505	0.000000	0.000000
Uzbekistán	2.077669	0.000000	0.136354	0.000000	0.031173	2.047611	0.350484	0.570676	0.000000	0.000000
Vanuatu	0.698326	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.354181	0.061151	9.378746	0.000000	1.142085
Venezuela	1.593740	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002757	0.051313	0.000000	0.000000
Vietnam	0.296888	0.004276	0.088427	0.004100	1.237082	0.494525	0.179512	8.381627	0.000000	0.100691
Yemen	0.871655	0.000000	0.009086	0.000000	0.000000	4.708120	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Zambia	2.403408	0.000000	0.000000	0.060997	3.489682	39.587136	2.268448	0.290094	0.245782	0.000000
Zimbabue	1.769849	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.269298	38.787289	0.000000	0.000000

	31381: Educación y capacitación pesquera	31382: Invest. pesquera	32182: Invest. y desarrollo tecnológico	33181: Educación y capacitación comercial	41081: Educación y capacitación sobre medio ambiente	41082: Invest. ambiental	43081: Educación y capacitación multisectorial	43082: Instituciones científicas y de Invest.	Total	ACUM. 2005-08 (\$)	AOD-CT/PIB corr. Acumulado 2005-08 (\$)	Promedio AOD-CT/PIB corriente
<b>TOTAL receptores</b>	<b>0.136695</b>	<b>0.144137</b>	<b>1.339868</b>	<b>0.280660</b>	<b>0.823623</b>	<b>1.841870</b>	<b>6.228442</b>	<b>5.135352</b>	<b>100</b>	<b>32052.317</b>		
Afganistán	0.000000	0.000000	0.000000	0.179461	0.071581	0.147873	0.560110	6.113921	100	244.779	2.523	0.631
Albania	0.000000	0.000000	0.147919	0.036980	1.609753	0.000000	2.604222	0.005396	100	202.815	1.720	0.430
Argelia	0.875672	0.000000	0.001128	0.023297	0.015481	0.012516	1.139764	0.190846	100	709.247	0.496	0.124
Angola	1.497656	0.951450	0.101765	0.056172	0.171453	1.516690	2.961910	4.455704	100	79.955	0.148	0.037
Antigua y Barbuda	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	58.954615	0.000000	100	0.391	0.033	0.008
Saudí Arabia	0.000000	0.000000	0.030788	0.000000	0.000000	0.000000	0.005306	0.266231	100	12.173	0.003	0.001
Argentina	0.096967	0.000000	1.293291	0.016019	0.342653	1.036277	1.822764	2.998709	100	108.191	0.039	0.010
Armenia	0.000000	0.000000	0.010832	0.096991	0.061182	0.053158	2.249712	1.275745	100	95.755	1.132	0.283
Azerbaiyán	0.000000	0.000000	0.074732	0.000000	0.000000	0.000000	0.978249	4.009826	100	33.379	0.116	0.029
Bangladesh	0.008276	0.000000	0.254945	0.010475	0.080807	0.013499	8.910046	0.211194	100	273.607	0.369	0.092
Barbados	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	40.444260	0.000000	100	0.690	0.019	0.005
Belarus	0.000000	0.000000	0.041036	0.000000	0.000000	0.015792	0.395028	3.357585	100	77.929	0.165	0.041
Belize	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	3.695184	1.700182	100	3.497	0.257	0.064
Benín	0.011451	0.000000	0.671770	0.017908	0.034212	5.305169	2.227887	5.414834	100	173.373	2.979	0.745
Bután	0.000000	0.000000	0.000000	0.218552	1.242189	0.000000	25.886025	2.235085	100	22.611	2.006	0.502
Bolivia	0.000000	0.021459	6.792766	0.020780	1.122974	5.970744	2.038445	8.019404	100	190.881	1.391	0.348
Bosnia-Herzegovina	0.000000	0.000000	1.629564	0.617910	0.184163	0.000000	1.243652	0.588629	100	169.842	1.067	0.267
Botsuana	0.000000	0.000000	0.134437	0.162385	0.164840	1.091994	2.012097	3.408369	100	15.533	0.117	0.029
Brasil	0.455994	0.036892	1.545625	0.026075	2.945536	3.630933	2.563413	3.892958	100	396.211	0.028	0.007
Burkina Faso	0.000000	0.000000	0.729543	0.009890	0.256635	5.207212	1.720137	6.935568	100	231.821	3.269	0.817
Burundi	0.156939	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.294503	8.413329	0.036150	100	79.800	7.281	1.820
Camboya	0.080498	0.055259	1.025869	0.223996	0.451677	0.439403	12.895814	5.261101	100	125.427	1.440	0.360
Cameron	0.088413	0.000000	0.271613	0.046263	0.003914	1.845452	0.740098	2.412665	100	505.736	2.289	0.572
Cape Verde	0.237150	0.056274	0.000000	0.003776	0.381847	0.167397	1.159200	1.413358	100	148.662	10.684	2.671
Chad	0.000000	0.000000	0.010048	0.000000	0.068829	0.112164	12.133813	5.433496	100	34.085	0.463	0.116
Chile	0.000000	0.002582	1.607155	0.073223	0.869489	1.542355	1.776895	18.009496	100	94.634	0.056	0.014
China	0.002568	0.000843	0.189051	0.062655	0.474337	0.452198	1.664921	1.484013	100	2716.811	0.078	0.019
Colombia	0.000000	0.000000	0.538280	0.007960	1.663291	0.252012	1.153021	0.867385	100	167.182	0.080	0.020
Comoros	0.000000	0.142767	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.920747	0.367326	100	44.544	8.975	2.244
Congo, Dem. Rep.	0.120854	0.000000	0.022936	0.001754	1.407329	0.328620	10.168669	0.520548	100	140.881	1.401	0.350
Congo, Rep.	0.046149	0.029703	0.055839	0.002141	0.007346	0.348831	2.641593	1.012710	100	110.902	1.287	0.322
Costa Rica	0.000000	0.000000	27.674060	0.036931	0.775374	4.298476	1.038585	2.229311	100	63.071	0.235	0.059
Cote d'Ivoire	0.210176	0.000000	1.100002	0.013681	0.653051	6.872076	0.773177	7.826374	100	226.935	1.077	0.269
Corea, Dem. Rep.	0.000000	0.000000	0.005601	0.000000	0.000000	0.034988	3.874163	3.821089	100	8.376		
Croacia	0.000000	0.000000	0.005065	0.203761	0.839289	0.032824	0.733754	9.125968	100	88.340	0.142	0.035
Cuba	0.000000	0.169708	2.482595	0.064361	0.590360	2.149278	17.295145	1.043650	100	33.381		
Djibouti	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.004054	4.623468	1.381958	100	71.973	7.829	1.957
Dominica	0.847461	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	63.972592	0.241590	0.000000	100	4.509	1.211	0.303
Republica Dominicana	0.000000	0.000000	1.709213	0.000000	0.135683	0.530666	1.574037	0.608992	100	33.720	0.077	0.019
Ecuador	0.728119	0.000000	0.995669	0.039802	0.745760	3.013461	3.345224	3.096015	100	118.296	0.238	0.059
Egipto	0.007413	0.000000	0.907307	0.050609	0.177676	1.417925	9.301722	9.893034	100	232.701	0.177	0.044
El Salvador	0.448165	0.121280	0.493191	0.452568	2.769773	2.308953	2.428811	1.622311	100	32.612	0.149	0.037
Eritrea	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.939861	0.000000	100	9.969	0.671	0.168
Etiopía	0.000000	0.000000	0.605818	0.007905	1.482837	1.964091	1.303340	2.465261	100	279.057	1.472	0.368
Fiji	0.000000	0.186569	0.216114	0.395207	0.022820	0.237042	57.670240	0.969501	100	30.734	0.864	0.216
Gabón	0.017665	0.000000	0.194723	0.015766	0.000000	1.306710	2.179165	2.727548	100	145.422	1.196	0.299
Gambia	0.000000	0.000000	0.000000	0.467240	0.169281	0.000000	11.637891	0.000000	100	4.914	0.708	0.177
Georgia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.137377	0.000000	1.905081	5.076122	100	94.897	0.941	0.235



	31381: Educación y capacitación pesquera	31382: Invest. pesquera	32182: Invest. y desarrollo tecnológico	33181: Educación y capacitación comercial	41081: Educación y capacitación sobre medio ambiente	41082: Invest. ambiental	43081: Educación y capacitación multisectorial	43082: Instituciones científicas y de Invest.	Total	ACUM. 2005-08 (\$)	AOD-CT/PIB corr. Acumulado 2005-08 (\$)	Promedio AOD-CT/PIB corriente
Ghana	0.023853	0.000000	0.097678	0.076991	0.023951	0.407988	0.903053	1.155522	100	171.754	1.133	0.283
Grenada	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	36.282743	0.000000	100	0.211	0.032	0.008
Guatemala	0.032232	0.000000	2.036996	0.218852	0.524976	0.806273	8.312144	1.254748	100	71.067	0.199	0.050
Guinea	0.124578	0.000000	0.057975	0.291562	0.000000	0.375897	2.287351	1.407015	100	104.975	2.730	0.682
Guinea-Bissau	5.357845	0.000000	0.000000	0.123091	0.000000	2.359662	2.121525	2.868457	100	25.516	6.270	1.567
Guinea Ecuatorial	0.411015	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	6.088986	2.448878	100	15.639	0.116	0.029
Guyana	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	11.163531	0.000000	100	2.150	0.196	0.049
Haití	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.328550	6.838901	2.043469	0.000000	100	157.450	2.749	0.687
Honduras	0.088084	0.000000	0.134709	0.253482	0.184442	0.047376	1.327093	4.553510	100	90.652	0.768	0.192
India	0.000910	0.001914	0.517212	0.037470	0.325035	0.770077	1.926303	2.628279	100	1002.978	0.084	0.021
Indonesia	0.075564	0.252679	0.545493	1.044003	1.484082	2.192932	11.591767	1.970208	100	774.071	0.179	0.045
Irán	0.000000	0.000000	0.060390	0.009141	0.056888	0.027750	0.757952	0.701308	100	201.156	0.069	0.017
Iraq	0.000000	0.000000	1.103939	0.249587	0.150515	0.024017	65.411164	2.945845	100	497.033	0.894	0.224
Jamaica	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.165757	0.000000	6.987492	0.316763	100	3.651	0.027	0.007
Jordania	0.000000	0.000000	0.334793	0.000000	0.518870	2.410432	5.214184	9.018996	100	95.017	0.511	0.128
Kazakstán	0.000000	0.000000	0.000000	0.201277	0.143689	0.015418	0.603599	6.496064	100	63.113	0.062	0.016
Kenia	0.024419	0.000000	0.267580	0.047200	0.519591	1.094367	0.950336	1.790277	100	244.387	0.939	0.235
Kiribati	0.156893	0.512126	0.000000	0.065902	0.000000	0.000000	23.439876	0.000000	100	28.767	21.754	5.438
Kyrgyz Republica	0.000000	0.000000	0.000000	0.234723	0.233427	0.000000	5.925105	2.156938	100	56.422	1.411	0.353
Laos	0.069721	0.111145	4.889946	0.158940	0.150730	1.446174	8.989840	3.145657	100	162.245	3.900	0.975
Líbano	0.000000	0.000000	0.030886	0.000000	0.115445	0.257010	1.488273	0.764721	100	273.934	0.992	0.248
Lesoto	0.000000	0.000000	0.000000	0.054753	0.035258	0.000000	0.002218	2.017671	100	26.902	1.642	0.410
Liberia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.000564	0.000000	4.983992	0.000000	100	12.816	1.633	0.408
Libia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.267187	16.501065	100	30.431	0.042	0.010
Macedonia, FYR	0.000000	0.000000	0.020103	0.133383	0.892321	0.066388	3.117163	0.313010	100	56.230	0.699	0.175
Madagascar	0.016938	0.048847	0.337949	0.009632	0.076561	2.562769	0.867659	3.694369	100	277.966	3.755	0.939
Malawi	0.000000	0.050220	0.000000	0.255399	4.294961	0.000000	0.599095	0.237188	100	113.484	3.009	0.752
Malaysia	0.005881	0.000000	0.512565	0.145153	0.594675	0.147169	1.048946	0.510814	100	154.078	0.086	0.021
Maldivas	0.000000	0.000000	0.000000	0.335288	0.000000	0.000000	20.648934	0.000000	100	14.819	1.562	0.390
Mali	0.009700	0.000000	0.219129	0.094126	1.212283	1.552079	2.508078	2.073287	100	204.658	2.746	0.687
Marshall	2.920319	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	50.576083	0.000000	100	1.079	0.685	0.171
Mauritania	0.207989	0.475505	0.003980	0.000000	0.321633	3.158178	6.011643	1.170659	100	80.164	2.830	0.708
Mauricio	0.000000	0.328028	0.002924	0.016763	0.000000	0.018268	3.938354	0.163106	100	68.987	0.846	0.212
México	0.008698	0.030693	0.704952	0.012250	1.278473	2.931582	8.331938	4.751729	100	210.681	0.019	0.005
Micronesia	15.198224	0.000000	0.443552	0.131391	0.000000	0.000000	47.767044	0.000000	100	4.518	1.625	0.406
Moldavia	0.000000	0.000000	0.000000	0.128628	0.332080	0.000000	2.248373	0.047152	100	69.970	1.536	0.384
Mongolia	0.000000	0.000000	0.143039	0.016687	1.020726	0.107037	13.960969	0.338180	100	125.128	3.213	0.803
Montenegro	0.000000	0.112543	14.390878	0.000000	0.317194	0.000000	1.609849	0.296258	100	20.488	0.541	0.135
Marruecos	0.097110	0.995150	0.045536	0.055376	0.133351	0.299892	1.228702	0.487310	100	1100.392	1.371	0.343
Mozambique	0.020692	0.000000	4.695929	0.151019	0.668829	2.260370	0.803327	2.860263	100	239.296	2.736	0.684
Myanmar	0.000000	0.000000	0.534775	0.442122	0.381338	0.000000	18.038824	0.175451	100	48.542		
Namibia	2.659625	0.000000	0.000000	0.036286	0.123265	0.000000	14.970240	2.335438	100	35.441	0.394	0.098
Nepal	0.000000	0.209216	0.255499	0.029139	1.486387	0.013259	1.788646	4.583575	100	145.365	1.317	0.329
Nicaragua	0.000000	0.000000	4.854801	0.366556	0.216418	2.887823	1.292324	1.578835	100	135.944	2.248	0.562
Níger	1.810580	0.000000	1.491191	0.027787	0.112896	9.450457	3.535760	11.646059	100	111.732	2.508	0.627
Nigeria	0.002630	0.000000	0.017449	0.057361	1.420329	0.010565	0.277143	0.299430	100	355.148	0.203	0.051
Omán	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.709717	0.190941	100	3.127	0.007	0.002

	31381: Educación y capacitación pesquera	31382: Invest. pesquera	32182: Invest. y desarrollo tecnológico	33181: Educación y capacitación comercial	41081: Educación y capacitación sobre medio ambiente	41082: Invest. ambiental	43081: Educación y capacitación multisectorial	43082: Instituciones científicas y de Invest.	Total	ACUM. 2005-08 (\$)	AOD-CT/PIB corr. Acumulado 2005-08 (\$)	Promedio AOD-CT/PIB corriente
Pakistán	0.000000	0.000000	0.217062	0.013003	3.460460	0.093657	4.786154	0.399392	100	192.011	0.125	0.031
Palau	1.208258	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4.788235	2.553700	100	2.899	1.722	0.431
Palestina Adm. Areas	0.000000	0.000000	0.000000	0.122845	0.300256	0.079275	19.258268	3.664830	100	130.976		
Panamá	0.115743	0.000000	1.388414	0.000000	2.477875	0.000000	6.125918	2.548730	100	11.144	0.054	0.014
Papúa Nueva Guinea	0.008994	0.275181	0.000000	0.061609	0.000000	0.007428	23.113954	0.050948	100	106.180	1.564	0.391
Paraguay	0.126539	0.000000	0.970186	0.000000	0.282080	0.390091	1.422742	1.459653	100	29.273	0.270	0.067
Perú	0.597485	0.965664	0.702258	0.172557	1.223198	2.236278	2.037720	3.402425	100	181.680	0.162	0.041
Filipinas	0.642832	0.177247	2.127177	0.436571	1.536045	0.173621	9.913822	0.631392	100	100.410	0.075	0.019
Ruanda	0.000000	0.000000	13.147638	0.016070	0.122914	0.000000	10.067289	0.037618	100	122.494	3.488	0.872
Sao Tome & Príncipe	0.309872	0.000000	0.000000	0.000000	0.117318	0.000000	5.998717	2.480244	100	23.487	15.043	3.761
Senegal	0.358105	0.336722	1.157923	0.016468	0.261329	7.127834	0.795208	8.493581	100	673.284	5.815	1.454
Serbia	0.000000	0.127251	0.000000	0.117930	7.394438	0.000000	4.882357	0.066244	100	217.505	0.547	0.137
Seychelles	0.687325	5.466254	1.531188	0.000000	0.000000	9.565452	14.187046	10.870413	100	5.019	0.473	0.118
Sierra Leona	0.000000	23.785923	0.000000	0.059607	0.000000	0.000000	3.756667	0.000000	100	19.401	1.140	0.285
Salomón Islas	0.000000	0.422246	0.000000	0.045760	0.013728	0.000000	32.163920	7.096938	100	42.116	7.080	1.770
Somalia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.040783	2.025655	100	8.783		
Sur África	0.111020	0.014793	19.629029	0.568279	0.407197	1.407530	0.722173	6.218244	100	227.220	0.074	0.019
Sri Lanka	0.254185	0.574845	0.236056	0.024893	3.305160	0.068505	5.857337	2.646994	100	158.543	0.494	0.123
St. Cristobal y Nieves	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.316326	0.000000	100	0.566	0.099	0.025
St. Lucia	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4.726708	3.055456	100	4.741	0.466	0.116
St. Vincent & Grenadin	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	24.261050	0.000000	100	0.464	0.083	0.021
Sudan	0.000000	0.000000	0.061805	0.002650	0.879984	0.152880	2.255412	6.208919	100	89.580	0.184	0.046
Surinam	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.806796	0.000000	0.000000	100	6.845	0.273	0.068
Suazilandia	0.000000	0.000000	0.000000	2.016710	0.855754	0.000000	1.192335	0.000000	100	0.887	0.030	0.007
Siria	0.000000	0.000000	0.705191	0.000000	0.032246	0.065852	1.475825	3.412456	100	256.189	0.590	0.147
Tayikistán	0.000000	0.000000	0.020565	0.462992	0.123075	0.000000	0.178330	5.389122	100	37.810	1.122	0.280
Tanzania	0.009912	0.025703	0.065897	0.195549	0.470793	0.154928	0.903436	2.862804	100	312.042	1.664	0.416
Tailandia	0.016299	0.438788	3.056449	0.209325	0.355035	7.568752	0.769527	9.659544	100	279.450	0.115	0.029
Timor-Leste	0.000000	0.000000	0.000000	0.092635	0.055861	0.000000	19.679657	0.044498	100	34.842	8.197	2.049
Togo	0.029556	0.000000	0.012398	0.034133	0.000000	0.077448	4.570702	0.088014	100	67.169	2.479	0.620
Tonga	0.000000	1.272554	0.000000	0.169786	0.000000	0.000000	22.715145	0.004229	100	13.060	3.955	0.989
Trinidad and Tobago	0.000000	0.000000	0.108441	0.000000	0.000000	0.160434	0.584437	0.206815	100	48.689	0.220	0.055
Tunez	0.268618	0.000000	0.086750	0.035398	0.023392	0.564017	1.177321	1.125537	100	609.769	1.659	0.415
Turquía	0.000000	0.000441	2.137321	0.000000	9.759527	0.000000	0.323967	1.383349	100	609.377	0.092	0.023
Turkmenistán	0.000000	0.000000	0.084985	0.000000	0.032943	0.000000	0.000000	0.000000	100	12.765	0.098	0.025
Tuvalu	0.255131	2.387348	0.000000	0.067364	0.000000	0.000000	32.910743	0.000000	100	7.131		
Uganda	0.030776	0.000000	0.009109	0.105187	0.935604	0.268452	1.069489	0.595315	100	229.620	1.972	0.493
Ucrania	0.000000	0.000000	12.528451	0.022591	0.275783	0.043320	0.994724	6.592066	100	315.666	0.231	0.058
Uruguay	0.000000	0.000000	1.326088	0.000000	0.277184	0.000000	3.189088	49.121505	100	24.900	0.098	0.024
Uzbekistán	0.000000	0.000000	0.121695	0.017299	0.006445	0.000000	8.436705	7.111551	100	91.666	0.432	0.108
Vanuatu	0.000000	0.073309	0.066068	0.074537	0.037208	0.933641	6.257536	0.657494	100	61.527	10.865	2.716
Venezuela	0.000000	0.000000	1.042636	0.000000	0.185597	0.316563	1.520674	2.411440	100	39.243	0.017	0.004
Vietnam	0.008761	0.382975	0.539940	0.108538	0.273031	1.538875	4.879617	3.952356	100	883.789	1.191	0.298
Yemen	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.044159	0.000000	0.509353	1.571059	100	83.155	0.375	0.094
Zambia	0.082006	0.000000	0.000000	0.460416	3.377663	0.515786	0.633425	0.115430	100	86.175	0.697	0.174
Zimbabue	0.000000	0.000000	0.092378	0.069318	0.087903	0.900584	2.471818	7.815024	100	38.329		



# **ANEXO 5**

## **PAÍSES Y PERIODOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN**



<i>n</i>	<i>País</i>	<i>Periodos</i>
1	Argelia	1993-1996
2	Argentina	1993-1996, 2005-2008
3	Bangladesh	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
4	Belice	2005-2008
5	Benín	2001-2004
6	Bolivia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
7	Brasil	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
8	Burundi	1993-1996, 2005-2008
9	Camboya	2005-2008
10	Camerún	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
11	China	2005-2008
12	Colombia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
13	Costa Rica	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
14	Costa de Marfil	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
15	Rep. Dominicana	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
16	Ecuador	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
17	Egipto	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
18	El Salvador	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
19	Gambia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
20	Ghana	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
21	Guatemala	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
22	Honduras	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
23	India	2005-2008
24	Indonesia	2005-2008
25	Irán	2001-2004, 2005-2008
26	Jamaica	2001-2004, 2005-2008
27	Jordania	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
28	Kenia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
29	Corea	1993-1996, 1997-2000
30	Malawi	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
31	Malaysia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
32	Maldivas	2005-2008
33	Mali	2005-2008
34	Mauritania	1993-1996
35	México	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
36	Mongolia	2001-2004, 2005-2008
37	Marruecos	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
38	Mozambique	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
39	Nepal	2001-2004
40	Nicaragua	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
41	Níger	2005-2008
42	Pakistán	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
43	Panamá	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
44	Paraguay	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
45	Perú	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
46	Filipinas	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
47	Ruanda	2001-2004, 2005-2008
48	Senegal	1997-2000, 2005-2008

<i><b>n</b></i>	<i><b>País</b></i>	<i><b>Periodos</b></i>
49	Sur África	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
50	Sri Lanka	1993-1996, 2001-2004, 2005-2008
51	Suazilandia	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
52	Tanzania	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
53	Tailandia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
54	Togo	2005-2008
55	Túnez	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
56	Turquía	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
57	Uganda	1993-1996, 1997-2000, 2005-2008
58	Uruguay	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
59	Venezuela	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
60	Vietnam	2005-2008
61	Yemen	2001-2004, 2005-2008
62	Zambia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
63	Zimbabue	1993-1996

# IMPACT OF INNOVATION AND AID FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES

**Abstract.** One of the most unanimous results of the economic literature is that *innovation* is a critical factor for sustained economic growth. Despite this consensus, previous research on aid effectiveness has not studied the impact of aid resources devoted to promote developing countries' innovation capacities. For this reason, this paper analyzes the impact of Official Development Assistance for Science and Technology (ODA-ST) through an endogenous growth model. The econometric estimation for the period 1993-2008 offers five main conclusions: *i)* ODA-ST effectively stimulates economic growth, *ii)* aid impact may be higher in countries with low innovation capacities *iii)* innovation exerts the strongest impact on growth, *iv)* income inequalities are an important obstacle for growth, and *v)* there is a a slow process of divergence in per capita income levels among developing countries.



## 1. Introduction

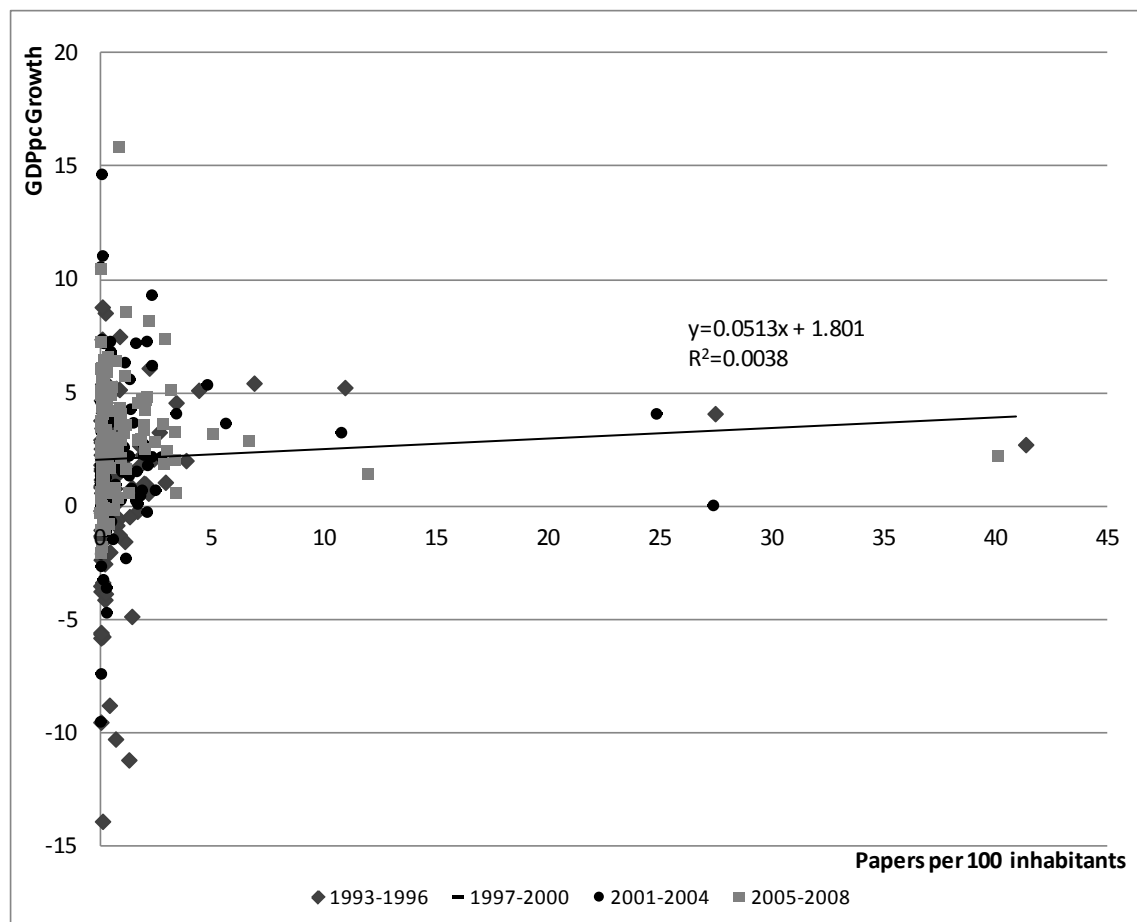
*Innovation* is essential for the nations' chances of progress, as it is evidenced by the fact that most innovative societies —and people— have progressed faster in the path of development. No wonder therefore that the Economic science has been concerned since its origins with the study of the role of innovation in the process of economic development. In fact, one of the most robust and unanimous result of the applied economic research is precisely that innovation is one of the main forces of nations' economic growth<sup>1</sup>. Nevertheless, despite the importance of innovation, empirical studies on the macroeconomic effectiveness of international aid have never considered the impact of aid policies specifically devoted to enhancing the innovation capacities of *Developing Countries* (DCs).

Since most of the empirical studies on aid effectiveness have analyzed the macroeconomic “aggregated” impact, and few have distinguished different impacts for different aid modalities, this piece of research focuses on one of the —potentially— most important modalities of aid: those resources devoted to improve DCs' innovation capacities —being innovation the main determinant of economic growth—. A simple regression analysis shows that the relationship between DCs' rates of growth and their innovation capacities (approximated by the number of scientific articles published per 100 inhabitants) has been positive in the period 1993-2008, although there is a high dispersion among countries (**Figure 1**). In contrast, growth rates show a negative relationship with those aid resources aimed at enhancing innovation capacities, which suggests that this type of aid may have been “ineffective” in stimulating growth (**Figure 2**). However, these preliminary regression results may be biased due to —among other reasons— the omission of other relevant explanatory variables of economic growth.

---

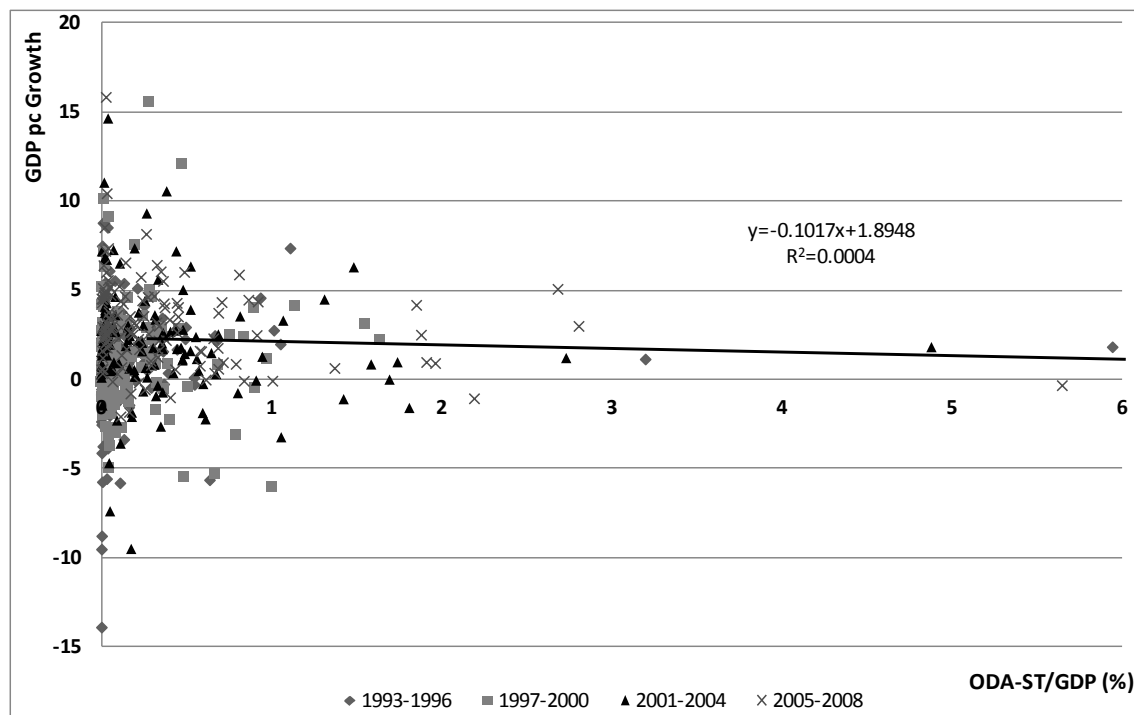
<sup>1</sup> See the book edited by Helpman (1998) for a complete debate on the role of innovation in economic growth. See chapter 1 for a shorter review of the prolific economic literature on the relationship between innovation and growth.

**Figure 1.** Relationship between economic growth and innovation capacities. 1993-2008



Sources: DAC (2011) and World Bank (2011) (n° observations:545). Authors' elaboration.

**Figure 2.** Relationship between economic growth and aid for innovation. 1993-2008



Source: DAC (2011) (n° observations: 524). Authors' elaboration.

ODA-ST: Official Development Assistance for Science and Technology

We thus analyze the impact that *Official Development Assistance for Science and Technology* (what we call ODA-ST) has exerted on the growth rate of DCs' per capita income during the period 1993-2008. After this introduction, the second section briefly reviews the recent literature on aid effectiveness. In the third section we propose an analytical model of the impact of ODA-ST on economic growth —adapted to the particularities of this type of aid and based on the new growth theory— and explain the econometric procedure for its estimation. The model compares the potentially different impacts of two types of aid: ODA-ST and the rest of the aid resources that are not aimed at innovation capacities. The fourth section explains the estimation results of the ODA-ST effectiveness model. Finally, we conclude summarizing the main findings of this study and discussing some policy implications for the effectiveness of public international aid policies.

## 2. Specification of the growth impact model of aid for science and technology

In this section we propose a model for analyzing the potential impact mechanisms of aid on growth, distinguishing two types of aid: aid devoted to improving DCs' innovation capacities (what we call "aid for science and technology", aid-ST) and the rest of aid resources. Specifically, our goal is to assess the macroeconomic impact of aid-ST, rather than estimating a growth model or a model of the impact of aggregated aid (regardless of modalities). However, in order to accurately capture the aid-growth relationship it is necessary to draw a broader framework of growth, incorporating its main forces and limiting factors (especially innovation, which is ultimately the factor that aid-ST tries to enhance); otherwise, estimations will be biased due to the omission of relevant explanatory variables and due to the insufficient explanatory capacity of the model.

### 2.1. Analytical model

We propose a theoretical framework for analysing the potential mechanisms of aid-ST on DCs' economic growth that follows the pioneer approach of Robert Barro (1991) by assuming that the rate of growth of per capita income ( $G_{i,t}$ ) of country  $i$ , between years  $t_0$  and  $T$ , depends on its initial level of per capita income ( $y_{i,t_0}$ ), and a vector of  $k$  explanatory variables that determines the steady state ( $X_{i,t}^k$ ), according to the following equation:

$$G_{i,t} = \alpha_i + \beta y_{i,t_0} + \delta_k X_{i,t}^k \quad [1]$$

where  $\alpha_i$  is the fixed effect of country  $i$ . The parameter  $\beta$  shows the existence of conditional convergence among DCs (the so-called  $\beta$ -convergence, provided that  $\beta < 0$ )<sup>2</sup>. The parameter  $\delta$  indicates the joint effect of those factors that explain long term economic growth. Obviously, the key element for the explanatory power of the model depends on the composition of the growth vector  $X_{i,t}$ , which—in order to capture the aid-growth relation—we define, for each  $i$  and  $t$ , as:

---

<sup>2</sup> See Garcimartín (2007) for a critical analysis of convergence regressions.

$$X_{i,t}^k = \delta_1 I_{i,t} + \delta_2 A_{i,t}^{ST} + \delta_3 A_{i,t}^{ST} \cdot I_{i,t} + \delta_4 A_{i,t}^{ST} \cdot R_{i,t} + \delta_5 A_{i,t}^{nonST} + \delta_6 Z_{i,t} \quad [2]$$

Where:

$I_{i,t}$	Innovation capacity of country $i$ in year $t$ .
$A_{i,t}^{ST}$	Aid-ST.
$A_{i,t}^{ST} \cdot I_{i,t}$	Interaction between aid-ST and innovation capacity.
$A_{i,t}^{ST} \cdot R_{i,t}$	Interaction between aid-ST and those variables related to the characteristics of the recipient economies that determine the eventual impact of aid.
$A_{i,t}^{nonST}$	Aid not related to innovation capacities.
$Z_{i,t}$	Vector of other growth explanatory variables.

Thus, the model described in equation [2] explains the triple relationship among growth, innovation and aid-ST in the following way:

- $\delta_1$  measures the relative elasticity of innovation with respect to growth.
- $\delta_2$  and  $\delta_3$  measure, respectively, the growth relative elasticities in relation to two different aid modalities: aid-ST and the rest types of aid. Thus, the model does not assume equal impact coefficients of these two aid modalities (i.e.  $\delta_2 \neq \delta_3$ ), so as to be consistent with their different objectives<sup>3</sup>. The estimation of the parameters  $\delta_2$  and  $\delta_3$  will allow us to compare the potential impacts of these resources.
- $\delta_3$  measures the interaction between DCs' innovation capacities and their reception of aid-ST. If  $\delta_3 < 0$ , aid-ST reveals a greater impact on least innovative countries, supporting the use of this co-operation policies in order to close the global innovation gap. On the contrary, if  $\delta_3 > 0$ , then aid-ST is more effective the higher the innovation capacities of the recipient countries.

---

<sup>3</sup> According to chapter 2 aid-ST consist of a set of activities intended to promote technological, scientific and innovative progress in DCs. The main objectives are: i) creating sound National Innovation Systems in DCs; ii) transferring knowledge and technology; iii) educating and training human resources in science and technology; iv) facilitating the international mobility of researchers; v) facilitating technological learning; vi) building institutional capacity and R&D infrastructure, vii) raising people consciousness about the relevance of science, technology and innovation; viii) meeting DCs' national demands for innovation in order to overcome the main development "bottlenecks" by providing specific solutions to specific development problems; and ix) recovering local technological knowledge.

- $\delta_4$  measures the interaction between the effectiveness of aid-ST and the variables that determine the impact of aid in recipient countries (e.g. good governance, economic shocks and structural disadvantages). If  $\delta_4 > 0$ , aid-ST is more effective the higher the value of the conditioning variable (*vice versa* if  $\delta_4 < 0$ ).
- $\delta_6$  measures the direct impact of other relevant growth factors, such as good governance, human capital, equality and natural resource endowment.

## 2.2. Econometric procedure

The estimation of the aid-ST effectiveness model defined in equations [1] and [2] is performed using the following panel data regression model:

$$\begin{aligned}
 G_{i,t} &= \alpha_i + \beta y_{i,t0} + \delta X_{i,t}^k + \mu_{i,t} \\
 \varepsilon_{i,t} &= \alpha_i + \mu_{i,t} \\
 E[\alpha_i] &= E[\mu_{i,t}] = E[\alpha_i \mu_{i,t}] = 0
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Where the error term ( $\varepsilon_{i,t}$ ) is the sum of two orthogonal components: the fixed effects associated with each country ( $\alpha_i$ ) and the idiosyncratic effects ( $\mu_{i,t}$ ).

If there were variables not strictly exogenous (i.e. correlated with past or actual realisations of the error term), the model will not satisfy the assumptions of the classic regression model, leading to biased estimations. This may be the case of two explanatory variables, initial per capita income and governance, either because they have a double direction of causation with the dependent variable (for example, the growth-governance relationship), or because they are related to other explanatory variables (such as initial per capita income and aid flows, to the extent that low income countries “should” receive greater amounts of public international aid).

One way to solve this problem is to apply consistent estimation methods which take into account fixed effects and non-exogenous independent variables. Instrumental variable models, which replace non-strictly exogenous variables by strictly exogenous instrumental variables, are generally used in these cases; the instruments are correlated with the

explanatory variables and turn out to be orthogonal to the error term. Dynamic regression models with panel data are estimated by the Generalised Method of Moments (GMM), proposed by Arellano and Bond (1991), as a particular case of instrumental variable models. The advantage of the GMM is the use of “internal” instruments, which may include lagged values of the non-exogenous regressors, leading to an improvement in the estimation results<sup>4</sup>.

The GMM approach is particularly suitable for panel data estimations when: *i*) the number of periods,  $T$ , is small and the number of cross section units,  $N$ , is large; *ii*) there are non-strictly exogenous regressors; *iii*) there are fixed effects; and *iv*) there are heteroscedasticity and autocorrelation within each country’s data but not among different countries’ data. According to Roodman (2009, p. 15), GMM estimations are part of a “[...] broader historical trend in econometric practice toward estimators that make fewer assumptions about the underlying data-generating process and use more complex techniques to isolate useful information”.

We use the GMM system proposed by Arellano and Bover (1995), and Blundell and Bond (1998), instead of the difference GMM proposed initially by Arellano and Bond (1991). The latter transforms the model by doing first differences to remove unobserved fixed country-specific effects, and instruments the non-strictly exogenous explanatory variables by a moment condition’s matrix. On the other hand, the GMM system makes up two equations: the original equation in levels and the first-difference equation; this system, free from correlated fixed effects, allows the use of more instruments and, consequently, improves the efficiency of the estimation<sup>5</sup>. Until now, few aid effectiveness studies have used the GMM<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Aid has been usually instrumented by variables that are related to donors’ geographical allocation patterns, either using “recipients’ needs” variables (assuming that aid is altruistically distributed), or/and other variables relating to donors’ foreign policy interests (assuming that these interests determine the aid allocation). In both cases, the procedure becomes problematic, since the proposed instruments are neither specifically correlated with the instrumented variables (and, therefore, the instruments are not ‘ideal’), nor perfectly orthogonal to the dependent variable (for example, recipients’ needs variables are not strictly exogenous to the rate of growth). In addition, donors’ foreign policy interests do not properly explain the geographical allocation of multilateral flows (which are considered in this study).

<sup>5</sup> Simulation exercises by Kiviet (1995), Blundell and Bond (1998) and Hsiao *et al.* (1999) show that the estimators obtained by the difference GMM are biased on finite samples for two reasons: first, due to the presence of autocorrelation in the error terms with finite samples and many moment conditions, and secondly, because whenever the coefficient of the autoregressive variable is very close to 1 (that is, the series are highly persistent or near a unit root process), the parameter cannot be identified using the moment

The model is estimated using the econometric software STATA, with three commands that optimise the estimation<sup>7</sup>: i) White standard errors that are robust to arbitrary heteroscedasticity for the same country<sup>8</sup>; ii) restriction of the matrix of instruments, creating an instrument for each variable and lag distance, rather than an instrument for each period, variable and lag distance, which, in small samples reduces the bias that arises when the number of instruments approaches (or exceeds) the number of observations and, iii) two-step estimations, applying Windmeijer's finite samples correction in order to eliminate standard error biases. Finally, in order to check the validity of the instruments matrix in levels, Sargan and Hansen tests are carried out, as well as the Arellano-Bond test for autocorrelation of the idiosyncratic effect (if this kind of autocorrelation exists, the use of lagged values as instruments will be invalidated).

### 2.3. Sample and time structure

The target population comprise 162 DCs that received ODA in any of the 16 years included in our period of analysis (1993-2008)<sup>9</sup>, according to the Development Assistance Committee (DAC) database. However, 99 countries were ultimately excluded from the analysis due to lack of necessary information<sup>10</sup>. **Annexe 1** shows the 63 countries and 183 observations finally analysed.

---

conditions for equations in first differences. In these cases, the simulations show that the difference GMM provides biased downwards estimators, especially when  $T$  is small (Blundell and Bond, 1998).

<sup>6</sup> Other studies on aid effectiveness have estimated dynamic panel data models, some using the difference GMM (e.g. Hansen and Tarp, 2001; Dalgaard *et al.*, 2004; Clemens *et al.*, 2004; Chauvet and Guillaumont, 2004; Rajan and Subramanian, 2005; Roodman, 2007; Heady, 2008; Djankov *et al.*, 2009), other using the system GMM (Tezanos *et al.*, 2009).

<sup>7</sup> We use STATA's "xtabond2" command developed by Roodman (2009).

<sup>8</sup> I.e. it is assumed that observations are independent across countries, although the errors of the same country are not necessarily independent over time.

<sup>9</sup> This is the longest period with complete information on ODA-ST flows reported by the DAC database.

<sup>10</sup> The excluded are countries with less than one million inhabitants, mostly islands (Antigua and Barbuda, Bahrain, Bermuda, Brunei, Cape Verde, Comoros, Dominica, Tuvalu, Kiribati, Macao, New Caledonia, Marshall Islands, Aruba, Barbados, Bahamas, Guyana, Malta, Micronesia, French Polynesia, Palau, Sao Tome and Principe, Seychelles, Solomon Islands, Saint Kitts and Nevis, St. Lucia, St. Vincent and Grenadines, Tonga and Vanuatu); countries with little availability of statistical information (such as Afghanistan, Cuba, Fiji, Haiti, Madagascar, Trinidad and Tobago, Mauritius, North Korea, Equatorial Guinea, Papua New Guinea, Iraq and East Timor); countries whose independence has not been officially recognized (Palestine and Western Sahara); and autonomous regions linked to other States (Puerto Rico and Hong Kong).



Regarding the time structure, literature on aid effectiveness has often used panel data sets in which most of the variables are averages over four or five-year periods. This is an alternative procedure to that proposed by Barro (with longer periods), which entails an attribution problem of the aid impact. Ultimately, the choice between periods of four or five years has not been empirically justified and is, therefore, arbitrary. However, the choice of four-year periods is the most commonly used because it maximises the temporal dimension of the sample, so it is the one we choose in this research.

## 2.4. Variables

The choice of the proxies for the estimation of the aid-ST effectiveness model tries to maximize the availability of data (thus reducing the data selection bias that stems from a non-random omission of information<sup>11</sup>), and to avoid redundant information (which causes problems of multicollinearity). **Annexes 2** and **3** show several descriptive measures and detailed information about the data sources and the elaboration procedures of the variables.

### - *Dependent variable*

We use the dependent variable most commonly used in aid effectiveness studies: the average growth rate of the GDP per capita in each four-year period ( $G$ ).

### - *Independent variables*

We measure the  $\beta$ -convergence by means of the natural logarithm of the GDP per capita in the initial year of each four-year period ( $\ln GDP_{pc0}$ ).

Innovation capacities ( $I_{i,t}$ ) are approximated by the number of scientific papers published per 100 inhabitants (*Papers*), expecting a positive relationship with the growth rate. This is one of the indicator recommended by the OECD's *Frascati Manual* (2002) for measuring innovation capacities.

---

<sup>11</sup> The poorest countries often lack statistical information, so their exclusion could systematically bias estimations. Therefore, it is important to use a set of explanatory variables widely available in these countries

Aid flows are proxied by ODA flows channelled to DCs by multilateral agencies and bilateral donors (DAC and other donors who are not members of this Committee but do report information)<sup>12</sup>. Data is extracted from the DAC's CRS (*Creditor Reporting System*) database; we use "ODA commitments" because it is the most comprehensive and accurate information available in this database<sup>13</sup>.

For the computation of ODA-ST, we use the approach proposed by UNCTAD (2007), which identifies 28 aid sectors (according to the DAC's sector classification) related to innovation. These sectors can be classified into two main groups: "aid for research and technological development" (agriculture, forestry, fishery, education, health, energy and environment) and "aid for developing advanced and specific innovation skills" (vocational training, higher education, statistical capacity building, and various types of training related to social, productive and trade sectors).

The two aid variables ( $ODA^{ST}$  y  $ODA^{nonST}$ ) are transformed by the natural logarithm for two reasons: to reduce heteroscedasticity and dispersion among observations, and to linearize the relationship between aid and growth<sup>14</sup>.

In relation to the vector of variables that determine the eventual impact of aid in recipient countries ( $R_{i,t}$ ), we use three proxies to analyze their interactive effect with aid:

i. Institutional quality of recipient countries, assuming that aid is more effective in countries with good policies and institutions. In this study we use the governance indicators developed by Kaufmann *et al.* (2011), which provide comprehensive information on six governance dimensions: i) voice and accountability, ii) political stability

<sup>12</sup> In accordance with DAC's criteria, ODA consists of grants and loans that meet the following four conditions: *i*) are disbursed to DCs, *ii*) are granted by the official sector, *iii*) their main objective is the promotion of economic growth and welfare, and *iv*) in the case of loans, they are granted on concessional financial terms, with a grant element of at least 25%.

<sup>13</sup> The amount of aid can be expressed in terms of the "commitments" made by the donor or the "disbursements" (net or gross) finally disbursed. In any case, the DAC does not recommend the use of the information provided by the CRS database on aid disbursements prior to 2002 due to its low coverage (less than 60% of ODA activities). From this year the coverage raises to 90%, and reaches 100% from 2007 onwards. In contrast, the information coverage on commitments is much higher: 70% in 1995, 90% in 2000 and 100% from 2003 onwards.

<sup>14</sup> The relationship between aid and growth is not linear due to the existence of diminishing marginal returns to aid. Various empirical studies have verified the concavity of the aid-growth relationship: from the early study of Dudley and Montmarquette, (1976), to the more recent studies of Hansen and Tarp (2001), Lensink and White (2001), Collier and Dollar (2002) and Clemens *et al.* (2004).

and absence of violence, iii) government effectiveness, iv) regulatory quality, v) rule of law, and vi) control of corruption. Governance indicators are constructed using the methodology of unobserved components and their distribution is centred on zero and has a dispersion of approximately  $\pm 2.5$ , which lets us add multiple dimensions into a single indicator. Specifically, we calculate the arithmetic average of these six dimensions of good governance (*Governance*).

ii. Economic shocks, assuming that aid can be particularly effective in these situations, “smoothing” the adverse effects on growth. In particular, we evaluate trade shocks (as did Collier and Dehn, 2001; Guillaumont and Chauvet, 2001, Chauvet and Guillaumont, 2004, and Collier and Goderis, 2008), using as proxy the terms of trade (*Voltrade*).

iii. Structural disadvantages that limit DCs’ chances to progress, assuming that the impact of aid is particularly high in countries with these disadvantages. We use the proxy proposed by Dalgaard *et al.* (2004): proportion of each country’s land located within the Tropics (*Tropical*).

In relation to the vector of other growth explanatory variables ( $Z_{i,t}$ ), we use four additional proxies:

i. Institutional quality, which has a positive impact on economic growth (Kaufmann and Kraay, 2002; Kaufmann *et al.*, 2009, Alonso and Garcimartín, 2011). Again we use the *Governance* variable previously described<sup>15</sup>.

ii. Human capital, assuming a positive contribution to growth (Lucas, 1988; De la Fuente and Doménech, 2006). This variable is approximated by Barro and Lee’s average years of total schooling of people over 25 years old (*Hk*).

iii. Inequalities, which negatively affect economic growth (Easterly, 2002), are proxied through the Gini index of income inequality (*Gini*).<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Note that this variable acts simultaneously as an aid impact condition (see  $\delta_4$  parameter of equation [5]) and as an endogenous growth factor (parameter  $\delta_8$ ).

<sup>16</sup> See reviews of the literature on the relationship between growth and equality in Alonso (2005).

iv. The endowment of natural resources, which we assume that adversely affects the growth rate as predicted by the hypothesis of the “natural resource curse” (Sachs and Warner, 1999; Bravo-Ortega and De Gregorio, 2005; Leite and Weideman, 2002; Isham *et al.*, 2005). We proxy this variable by the fuel exports (percentage of merchandise exports) (*Expoil*).

v. Macroeconomic instability, which may negatively affect growth (Fischer, 1993), is proxied by the inflation rate (*Inflation*).

In sum, the final regression equation has the following expression:

$$G_{i,t} = \beta \ln GDPpc0_{i,t} + \delta_1 Papers_{i,t} + \delta_2 \ln ODA_{i,t}^{ST} + \delta_3 ODA_{i,t}^{nonST} \cdot Papers_{i,t} + \\ + \delta_4 ODA_{i,t}^{ST} \cdot Governance_{i,t} + \delta_5 ODA_{i,t}^{ST} \cdot Voltrade_{i,t} + \delta_6 ODA_{i,t}^{ST} \cdot Tropical_{i,t} + \\ + \delta_7 \ln ODA_{i,t}^{nonST} + \delta_8 Governance + \delta_9 Hk - \delta_{10} Gini_{i,t} - \delta_{11} Expoil - \delta_{12} Inflation + \varepsilon_{i,t} [5]$$

In this regression model, three explanatory variables may be non-strictly exogenous: initial per capita income, governance and the interactive variable between governance and ODA-ST. Therefore, the estimation of the model requires to instrument them. In any case, since expanding the number of instruments results in inefficient estimates (Roodman, 2008 and 2009), we limit the number of instruments to a minimum<sup>17</sup>.

Finally, the model estimation includes time dummies in order to reduce the degree of autocorrelation among countries and the error idiosyncratic term, which leads to more robust estimators (Roodman, 2009).

### 3. Results: growth impact of aid for innovation

In aggregated terms, aid-ST has had a positive and statistically significant effect on DCs' GDP per capita growth in the period 1993-2008 (**Table 1**). According to our estimates, a

<sup>17</sup> In our case, we have 63 countries and a maximum of 22 instruments.

1% increase in ODA-ST may increase the growth rate by around 0.007 percentage points<sup>18</sup>. Although it may seem a limited impact, it is in fact noteworthy given that the contribution of ODA-ST to the sample countries' GDP is exiguous, accounting for approximately 0.18% (see Annexe 3). Furthermore, this results holds regardless of other aid effectiveness determinants (such as good governance, economic shocks and structural disadvantages). In contrast, the estimated effect of the rest of aid flows is statistically non-significant.

**Table 1.** Estimation of the aid-ST effectiveness model

	Coefficients	Corrected Std. Err.	<i>t</i>	<i>P</i> >  <i>t</i>	[95% conf. interval]	
<i>lnGDPpc0</i>	<b>1.520177</b>	0.709696	2.14	<b>0.032</b>	0.129199	2.911155
<i>Papers</i>	<b>0.277259</b>	0.143243	1.94	<b>0.053</b>	-0.0034935	0.558011
<i>lnODA<sup>ST</sup></i>	<b>0.661223</b>	0.353439	1.87	<b>0.061</b>	-0.0315040	1.353950
<i>ODA<sup>ST</sup>·Papers</i>	<b>-6.213506</b>	3.163518	-1.96	<b>0.050</b>	-12.413890	-0.013124
<i>ODA<sup>ST</sup>·Governance</i>	2.208733	1.908986	1.16	0.247	-1.532811	5.950277
<i>ODA<sup>ST</sup>·Voltrade</i>	0.010722	0.009868	1.09	0.277	-0.008619	0.030063
<i>ODA<sup>ST</sup>·Tropical</i>	-0.006159	0.019658	-0.31	0.754	-0.044688	0.032370
<i>lnODA<sup>nonST</sup></i>	0.093359	0.142966	0.65	0.514	-0.186849	0.373567
<i>Governance</i>	0.092372	1.395625	0.07	0.947	-2.643003	2.827746
<i>Hk</i>	-0.396960	0.636809	-0.62	0.533	-1.645083	0.851162
<i>Gini</i>	<b>-0.131204</b>	0.062656	-2.09	<b>0.036</b>	-0.254008	-0.008400
<i>Expoil</i>	-0.020073	0.016875	-1.19	0.234	-0.053147	0.013001
<i>Inflation</i>	-0.004165	0.009344	-0.45	0.656	-0.022479	0.014149
<b>Post-estimation tests (<i>p</i>-values)</b>						
$\chi^2$ (22, 63) = 0.000						
Sargan = 0.976						
Hansen = 0.964						
Arellano-Bond AR(1) = 0.004						
Arellano-Bond AR(2) = 0.893						

<sup>18</sup> Since aid is expressed in logarithms, the interpretation of the aid impact coefficient requires to divide by 100 the estimated coefficient of  $\delta_2$ , thus reflecting the increased growth rate (in percentage points) that generates a 1% relative increase in the aid variable.

Sample:	No. of observations = 18	No. of groups (countries) = 63
	No. periods: 4-year periods (1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008)	
	Obs. per group:	min=1, max=4, Average=2.9
	Number of instruments = 22	

Instruments for GMM system equations:  $\ln GDP_{pc0}$ , *Governance* and  $ODA^{ST} \cdot Governance$  (2 and deeper lags, endogenous variables).

Panel data regressions, system GMM, two-step estimations, White's (heteroskedasticity-adjusted) robust errors, Windmeijer correction for finite samples, and instrument matrix collapsed. We include time *dummies* in all regressions (not reported). *p*-values are shown within brackets. See Annexe 2 for explanation of the variables.

Furthermore, the interaction term between ODA-ST and innovation is also statistically significant with a negative estimated coefficient. This result is particularly interesting, as it suggests that the impact of ODA-ST is higher in countries with low innovation capacities, which in turn justifies a prioritized allocation of resources to these DCs. Therefore, if ODA-ST is effective, and it seems to be particularly effective in the least innovative countries, this type of aid could be appropriate for closing the world innovation gap, provided that it is targeted to the appropriate countries. In this sense, the study of Quiñones and Tezanos (2011) supports this argument as it points out that the geographical allocation of ODA-ST has been moderately progressive since 1993 (i.e. it is allocated more than proportionally to the least innovative countries).

Regarding the growth determinant variables, two are statistically significant. On the one hand, innovation capacities exert a positive effect on growth; according to our estimations, a 1% increase in the ratio of scientific papers generates a growth stimulus of 0.28 percentage points, thus supporting the argument that innovation is a relevant determinant of economic progress. On the other hand, income inequalities operate to the detriment of growth, to the extent that a 1% increase in the Gini index detracts approximately 0.13 percentage points of the growth rate. This result may stem from the fact that inequalities generates "public bads" (such as crime, violence and insecurity), which limit the investment and growth possibilities and reduces the economy's productive capacity due to the exclusion of the poor (Fajnzylber *et al.*, 1998; Easterly, 2002; Alonso, 2005).

Regarding the  $\beta$ -convergence, the estimated coefficient is positive and statistically significant, therefore depicting a possible scenario of *divergence* in terms of per capita incomes (with an estimated  $\beta$ -parameter approximately equal to 1.64). This result is due both to the comparatively slower growth in some of the poorest DCs included in the sample (low and low-middle income countries such as Burundi, Benin, Bolivia, Cameroon, Ivory Coast, El Salvador, Nicaragua, Pakistan and Yemen), and the rapid pace of growth experienced in recent years by the “emerging” middle-income economies (specially China, Brazil and India), which implies a widening gap in the developing world in terms of per capita incomes. Moreover, this result supports the thesis of those authors who argue that international income inequalities have not decreased in recent decades (Milanovic, 2005 and 2010).

Regarding the goodness of fit of the model, the joint significance test strongly rejects that all coefficients are simultaneously equal to zero (see  $p$ -value=0 in **Table 1**). Furthermore, the Sargan and Hansen tests for joint validity of the instruments are not rejected, as it happens with the Arellano-Bond test for autocorrelation in the idiosyncratic error term. Consequently, the results of these post-estimation tests support the validity of the estimates.

It is worth mentioning that some regressors may be correlated, as they try to capture similar determinants of economic growth, thus creating a problem of multicollinearity. This may be the case of the variables included in the vectors  $R$  and  $Z$  of equation [3]. As a first precautionary measure to avoid multicollinearity problems, we have chosen the proxies trying to avoid redundant information. Also, the high number of observations included in the analysis (183) and the high variability of the dependent variable assures the efficiency of the results. Moreover, the pairwise correlations matrix of the full set of explanatory variables used in the analysis shows that the majority of the correlations are reasonably low (**Table 2**)<sup>19</sup>. There are, however, three high correlations that require further consideration:

---

<sup>19</sup> Gujarati (2003, pg. 345) offers the tentative value of 0.8 as the limit beyond which multicollinearity becomes a “serious problem”.

- i. The correlation between *Governance* and *lnGDPpc0* (+0.71), because countries with the highest per capita incomes also have the best records of governance.
- ii. The correlation between  $ODA^{ST}$  and  $ODA^{nonST}$  (+0.77), indicating that these two modalities of aid tend to be geographically allocated in similar ways (i.e. countries that receive high ODA-ST ratios also tend to be those with higher receptions of other aid modalities).
- iii. The correlation between  $ODA^{ST} \cdot Voltrade$  and  $ODA^{ST} \cdot Trop$  (+0,909), which is due to the fact that the tropical variable is invariant over time.

However, these relatively high correlations do not significantly alter the estimation results, as can be seen when we run again the regressions successively removing the three variables that are causing the high correlation coefficients ( $ODA^S \cdot Trop$ , *Governance* and  $ODA^{nonST}$ ) (**Table 3**). Thus, the three last estimated regressions (equations [2] to [4]) do not significantly differ from our base regression (equation [1]), thus reassuring the robustness of the estimations.



**Table 2.** Pairwise correlation matrix of the variables included in the analysis

	<i>G</i>	$\ln GDP_{pc0}$	$\ln ODA^{ST}$	$\ln ODA^{nonST}$	$ODA^{ST} \cdot Papers$	$ODA^{ST} \cdot Governance$	$ODA^{ST} \cdot Voltrade$	$ODA^{ST} \cdot Tropical$	<i>Papers</i>	<i>Gini</i>	<i>Kh</i>	<i>Expoil</i>	<i>Inflation</i>
<i>G</i>	1,0000												
$\ln GDP_{pc0}$	0,0780	1,0000											
$\ln ODA^{ST}$	0,0469	-0,5423	1,0000										
$\ln ODA^{nonST}$	-0,0775	-0,7145	0,7735	1,0000									
$ODA^{ST} \cdot Papers$	0,0810	0,1208	0,3495	0,1903	1,0000								
$ODA^{ST} \cdot Governance$	0,0741	0,3749	-0,3609	-0,3116	0,0160	1,0000							
<i>Governance</i>	0,1014	0,7113	-0,2371	-0,3243	0,1426	0,4155	1,0000						
$ODA^{ST} \cdot Voltrade$	-0,0169	-0,2929	0,6317	0,4105	0,3515	-0,4270	-0,0694	1,0000					
$ODA^{ST} \cdot Tropical$	-0,0598	-0,2172	0,5217	0,3360	0,2510	-0,2343	-0,0239	0,9094	1,0000				
<i>Papers</i>	0,0619	0,3766	-0,2474	-0,2742	0,1206	0,0869	0,3328	-0,1015	-0,0870	1,0000			
<i>Gini</i>	-0,2050	0,2320	-0,2123	-0,1757	-0,2104	0,1382	0,2193	-0,1453	-0,0202	-0,0964	1,0000		
<i>Kh</i>	0,1725	0,5474	-0,3180	-0,3552	0,2358	0,2896	0,4465	-0,2499	-0,3963	0,3086	-0,0211	1,0000	
<i>Expoil</i>	0,0092	0,1890	-0,2737	-0,3118	-0,1383	0,0743	0,1816	-0,1301	-0,1414	-0,0507	-0,0998	-0,0537	1,0000
<i>Inflation</i>	-0,1603	-0,1210	0,0098	0,0643	-0,0226	-0,1304	-0,2280	0,0151	0,0344	-0,0910	-0,0282	-0,0201	1,0000

**Table 3.** Re-estimation of the aid-ST effectiveness model without the explanatory variables with high pairwise correlations

	[1]	[2]	[3]	[4]
<b><i>ln GDPpc0</i></b>	<b>1.520177</b> (0.032)	<b>1.510161</b> (0.032)	<b>1.586129</b> (0.039)	<b>1.528689</b> (0.031)
<b><i>Papers</i></b>	<b>0.2772586</b> (0.053)	<b>0.2697485</b> (0.075)	<b>0.2678725</b> (0.048)	<b>0.240892</b> (0.084)
<b><i>ln ODA<sup>ST</sup></i></b>	<b>0.6612229</b> (0.061)	<b>0.6396501</b> (0.052)	<b>0.6655648</b> (0.069)	<b>0.7064022</b> (0.062)
<b><i>ODA<sup>ST</sup> · Papers</i></b>	<b>-6.213506</b> (0.050)	<b>-5.942183</b> (0.033)	<b>-6.213052</b> (0.047)	<b>-6.10464</b> (0.048)
<b><i>ODA<sup>ST</sup> · Governance</i></b>	2.208733 (0.247)	2.502509 (0.106)	2.252518 (0.135)	2.358579 (0.210)
<b><i>ODA<sup>ST</sup> · Voltrade</i></b>	0.0107225 (0.277)	0.0084759 (0.441)	0.0114145 (0.252)	0.0116128 (0.234)
<b><i>ODA<sup>ST</sup> · Tropical</i></b>	-0.0061589 (0.754)		-0.0065875 (0.730)	-0.0053071 (0.787)
<b><i>lnODA<sup>nonST</sup></i></b>	0.0933586 (0.514)	0.0907501 (0.527)	0.0803285 (0.552)	
<b><i>Governance</i></b>	0.0923718 (0.947)	0.0835293 (0.953)		-0.0743938 (0.956)
<b><i>Hk</i></b>	-0.3969601 (0.533)	-0.3633199 (0.549)	-0.4761187 (0.467)	-0.418962 (0.516)
<b><i>Gini</i></b>	<b>-0.1312041</b> (0.036)	<b>-0.1327905</b> (0.04)	<b>-0.136988</b> (0.050)	<b>-0.128381</b> (0.036)
<b><i>Expoil</i></b>	-0.0200732 (0.234)	-0.020139 (0.235)	-0.0227506 (0.058)	-0.0232863 (0.135)
<b><i>Inflation</i></b>	-0.0041647 (0.656)	-0.0041007 (0.666)	-0.0039629 (0.721)	-0.0041098 (0.657)
<b>Post-estimation tests (<i>p</i>-values)</b>				
$\chi^2$ (22,63)/(21,63)/ (19,63)/(21,63)	0.000	0.000	0.000	0.000
Sargan	0.976	0.978	0.950	0.976
Hansen	0.964	0.963	0.925	0.956
Arellano-Bond AR(1)	0.004	0.004	0.004	0.004
Arellano-Bond AR(2)	0.893	0.881	0.873	0.762



First, ODA-ST has been effective in stimulating growth, in such a way that a 1% increase in this type of aid may increase the GDP per capita growth rate around 0.007 percentage points. Moreover, this results holds regardless of other aid effectiveness determinants (such as good governance, economic shocks and structural disadvantages). In contrast, the impact of aid is “diluted” when we consider other resources not intended to develop innovation capacities.

Second, we estimate a negative interaction coefficient between ODA-ST and innovation; a result that suggests that the impact of this resources may be higher the lower the innovation capacities of the recipients, which is a strong argument in favour of emphasizing the use of this type of aid in the least innovative countries. Therefore, if ODA-ST is effective and it is particularly effective in countries with low innovation capacities, this type of aid may be appropriate for closing the world innovation gap —provided that it is targeted to the appropriate countries.

Third, regarding the characteristics of the recipient economies that determine the different paces of economic growth, two variables are statistically significant: on one hand, innovation was —according to our estimations— the main force of progress for the analysed sample of DCs. On the other hand, income inequalities were a major drag on growth; a result that may be related to the generation of “public bads” (such as crime, violence and insecurity) that seriously restrict the possibilities of growth.

Forth, the analysis suggests that the existence of substantial disparities among DCs’ rates of growth results in a slow process of divergence in terms of the per capita income levels, because some of the poorest countries have tended to grow slower and some of the most advanced countries (especially the “emerging economies”) have grown rapidly.

Ultimately, innovation is confirmed —once more— as a strategic “bet” on development, while the use of international public co-operation policies focused on enhancing DCs’ innovation capacities may constitute a “boost” to the often questioned aggregated effectiveness of aid. In this sense, a more strategic selection of aid modalities —adapted to the specific socio-economic conditions of each partner country— and a greater emphasis on the resources devoted to foster innovation capacities, may be advisable for increasing

the impact of aid. However, further research is needed both for a correct identification of the dissimilar impact of different aid modalities, and for a better understanding of the conditions that determine the eventual impact of these resources.

All in all, the analysis presented in this paper aims to contribute to the aid effectiveness debate by providing new evidence on the positive effects exerted by a particular modality of aid that —because of its nature and objectives— involves a particularly high potential impact. In any case, our study only tests the “macroeconomic effectiveness” of aid in relation to economic growth, and not in relation to progress in other dimensions of human development. Therefore, it should be interpreted as a “partial” evaluation of aid effectiveness, exclusively referred to the economic dimension of development.

## 5. References

- ALONSO, J.A. (2005): “Equidad y crecimiento: una relación en disputa”, *PRINCIPIOS. Estudios de Economía Política*, 1, ps. 9-36.
- ALONSO, J.A. and GARCIMARTÍN, C. (2011): “The determinants of institutional quality. More on the debate”, *Journal of International Development*, forthcoming.
- ANNEN, K. and KOSEMPEL, S. (2009): “Foreign Aid, Donor Fragmentation, and Economic Growth”, *The B.E. Journal of Macroeconomics*, Vol. 9: Iss. 1, Article 33.
- ARELLANO, M. and BOND, S. (1991): “Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations”, *Review of Economic Studies*, 58, ps. 277-297.
- ARELLANO, M. and BOVER, O. (1995): “Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models”, *Journal of Econometrics*, 68, ps. 29-51.
- BARRO, R. (1991): “Economic Growth in a Cross Section of Countries”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, 2, ps. 407-443.
- BLUNDELL, R. and BOND, S. (1998): “Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models”, *Journal of Econometrics*, 87, ps. 115-143.
- BOONE, P. (1996): “Politics and the effectiveness of foreign aid”, *European Economic Review*, nº 40, ps. 289-329.

- BRAVO-ORTEGA C. and DE GREGORIO, J. (2005): “The Relative Richness of the Poor? Natural Resources, Human Capital and Economic Growth” *Policy Research Working Paper Series 3484*, The World Bank.
- BULIR, H. y HAMANN, A.J. (2008): “Volatility of Development Aid: From the Frying Pan into the Fire”, *World Development*, Vol. 36, 10, ps. 2048-2066.
- BURNSIDE, C. and DOLLAR, D. (2000): “Aid, policies and growth”, *American Economic Review*, 90 (4), ps. 847–868.
- BURNSIDE, C. and DOLLAR, D. (2004): “Aid, policies and growth: reply”, *American Economic Review*, 94, ps. 781–784.
- CHAUVET, L. and GUILLAUMONT, P. (2004): “Aid and growth revisited: Policy, economic vulnerability and political instability”, ps. 95-109, in TINGODDEN, B., STERN, N. and KOLSTAD, I. (Eds.): *Towards pro-poor policies – Aid, Institutions and Globalization*, World Bank - Oxford University Press, Washington DC.
- CLEMENS, M., RADELET, S. and BHAVNANI, R. (2004): “Counting chickens when they hatch: The short term effect of aid on growth”, Center for Global Development, Working Paper 44.
- COLLIER, P. and DEHN, J. (2001): “Aid, shocks, and growth”, *World Bank Policy Research*, n° 2688, World Bank.
- COLLIER, P. and DOLLAR, D. (2002): “Aid allocation and poverty reduction”, *European Economic Review*, 26, ps. 1475–1500.
- COLLIER, P. and GODERIS, B. (2008): “Does Aid Mitigate External Shocks?”, *UNU-WIDER Discussion Paper*, 2008/06, UNU-WIDER.
- COLLIER, P. and HOEFFLER, A. (2004): “Aid, policy and growth in post-conflict societies”, *European Economic Review*, 48, ps. 1125-1145.
- DAC (2011): *Development Database on Aid from DAC Members: DAC online*, OECD.Stat, Development Assistance Committee, available at <http://www.oecd.org/dataoecd/>
- DALGAARD, C. and HANSEN, H. (2010): “Evaluating Aid Effectiveness in the Aggregate: A critical assessment of the evidence”, *Munich Personal RePEc Archive MPRA*, Evaluation Study 2010/1.
- DALGAARD, C., HANSEN, H. and TARP, F. (2004): “On the empirics of foreign aid and growth”, *The Economic Journal*, 114, ps.191-216.

- DE LA FUENTE, A. and DOMÉNECH, R. (2006): “Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?”, *Journal of the European Economic Association*, 4, ps, 1-36.
- DJANKOV, S., MONTALVO, J.G. and REYNAL-QUEROL, M. (2009): “Aid with Multiple Personalities”, *Journal of Comparative Economics*, 37, ps. 217-229.
- DOUCOULIAGOS, H. and PALDAM, M. (2008): “Aid Effectiveness on Growth: A Meta Study”, *European Journal of Political Economy*, 24, ps. 1-24.
- DUDLEY, L. and MONTMARQUETTE, C. (1976): “A model of the supply of bilateral foreign aid”, *American Economic Review*, 66 (1), ps. 132–142.
- DURBARRY, R., GEMMELL, N. and GREENAWAY, D. (1998): “New evidence on the impact of foreign aid on economic growth”, *Credit Working Paper*, University of Nottingham.
- EASTERLY, W. (2002), “Inequality does cause underdevelopment: New evidence”, *Working Paper 1*, Center for Global Development.
- FAJNZYLBER, P.D., LEDERMAN, P. D. and LOAYZA, N. (1998): “Determinants of crime rates in Latin American and the World”, *World Bank Latin America and the Caribbean Viewpoints Series Paper*, Banco Mundial, Washington DC.
- FISCHER, S. (1993): “The role of macroeconomic factors in growth”, *Journal of Monetary Economics*, 32, ps. 485-512
- GALLUP, J.L., J.D. SACHS and A. MELLINGER (1999): “Geography and Economic Development”, *International Regional Science Review*, 22, ps. 179-232.
- GARCIMARTÍN, C. (2007): “Un análisis crítico de las regresiones de convergencia”, *Principios, Estudios de Economía Política*, 9, ps. 71-90.
- GUILLAUMONT, P. and CHAUVET, L. (2001): “Aid and Performance: A Reassessment”, *Journal of Development Studies*, 37 (6), ps. 66-92.
- GUJARATI, D.N. (2003): *Econometría*, McGraw-Hill, México DF.
- HANSEN, H. and TARP, F. (2001): “Aid and growth regressions”, *Journal of Development Economics*, vol. 64, 2, ps. 547–570.
- HEADEY, D. (2008): “Geopolitics and the effect of foreign aid on economic growth: 1970-2001”, *Journal of International Development*, 20, ps. 161-180.
- HELPMAN, E. (Ed.) (1998): *General purpose technologies and economic growth*, Massachusetts Institute of Technology Press, Massachusetts.

- HSIAO, C., PESARAN, M. H. and TAHMISCIOGLU, A. K. (1999): "Bayes Estimation of Short-Run Coefficients in Dynamic Panel Data Models", in HSIAO, C., LAHIRI, K., LEE, L.F. and PESARAN, M.H. (Eds.): *Analysis of Panels and Limited Dependent Variables: A Volume in Honour of G. S. Maddala*, Cambridge University Press, ps. 268-296.
- UDSON, J. and MOSLEY, P. (2008): "Aid volatility, Policies and Development", *World Development*, 10, ps. 2082-2102.
- ISHAM, J., WOOLKOCK, M., PRITCHETT, L. and BUSBY, G. (2005): "The Varieties of the Resource Experience: How Natural Resource Export Structures Affect the Political Economy of Economic Growth", *World Bank Economic Review*, 19, ps. 141-174.
- KAUFMANN, D. and KRAAY, A. (2002): "Growth without Governance", *Economía*, Vol. 3, 1, ps. 169-229.
- KAUFMANN, D., KRAAY, A., and MASTRUZZI, M. (2009): "Governance Matters VIII: Aggregate and Individual Governance Indicators, 1996-2008", *World Bank Policy Research Working Paper*, 4978, available at <http://ssrn.com/abstract=1424591>
- KAUFMANN, D., KRAAY, A., and MASTRUZZI, M. (2011): *The Worldwide Governance Indicators (WGI) project*, available at <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>
- KIVIET, J. (1995): "On bias, inconsistency, and efficiency of various estimators in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, 68 (1), ps. 53-78.
- KOSACK, S. (2002): "Effective aid: How democracy allows development aid to improve the quality of life", *World Development*, 31, ps. 1-22.
- LEITE, C. and WEIDMANN, M. (2002): "Does Mother Nature Corrupt? Natural Resources, Corruption and Economic Growth" in ABED, G.T. y GUPTA, S. (Eds.): *Governance, Corruption and Economic Performance*, IMF, Washington DC, ps. 159-196.
- LENSINK, R. and MORRISSEY, O. (2000): "Aid instability as a measure of uncertainty and the positive impact of aid on growth", *Journal of Development Studies*, 36, ps. 31-49.
- LENSINK, R. and WHITE, H. (2001): "Are there negative returns to aid?", *Journal of Development Studies*, 37 (6), ps. 42-65.



- LUCAS, R. (1988). "On the Mechanics of Economic Development." *Journal of Monetary Economics*, 22, ps. 3–42.
- MCGILLIVRAY, M., FEENY, S., HERMES, N. and LENSİK, R. (2006): "Controversies over the impact of development aid: it works; it doesn't; it can, but that depends...", *Journal of International Development*, 18, ps. 1031-1050.
- MILANOVIC, B. (2005): *Worlds Apart: Measuring International and Global Inequality*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MILANOVIC, B. (2010): "Global inequality recalculated and updated: the effect of new PPP estimates on global inequality and 2005 estimates", *The Journal of Economic Inequality*, ps. 1-18.
- MINOIU, C. and REDDY, G.R. (2009): "Development Aid and Economic Growth: A Positive Long-Run Relation", *IMF working paper*, WP/09/118.
- OECD (2002): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OUATTARA, B., and STROBL, E. (2008): "Aid, Policy and Growth: Does Aid Modality Matter?", *Review of World Economics*, 144, ps. 347-65.
- RAJAN, R.G. and SUBRAMANIAN, A. (2005): "What Undermines Aid's Impact on Growth?", *IMF Working Paper*, 05/126.
- RAJAN, R.G. y SUBRAMANIAN, A. (2008): "Aid and Growth: What Does the Cross-Country Evidence Really Show?", *Review of Economics and Statistics*, vol. 90, 4, ps. 643-665.
- ROODMAN, D. (2007): "The Anarchy of Numbers: Aid, Development, and Cross-Country Empirics", *The World Bank Economic Review*, vol. 21, 2, ps. 255-277.
- ROODMAN, D. (2008): "A note on the theme of too many instruments", *Center for Global Development Working Paper*, 125.
- ROODMAN, D. (2009): "How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata", *The STATA Journal*, vol. 9, 1, ps. 86-136.
- SACHS, J.D. and WARNER, A.M. (1999): "The Big Push, Natural Resource Booms and Growth", *Journal of Development Economics*, 59, ps. 43-76.
- SVENSSON, J. (1999): "Aid, Growth and Democracy", *Economics and Politics*, 11, ps. 275-297.

- TARP, F. (2010): “Aid, Growth, and Development”, in MAVROTAS, G. (Ed.) *Foreign Aid for Development. Issues, Challenges, and the New Agenda*, Oxford University Press, Oxford.
- TEZANOS, S. (2010): “Aid and growth: a debatable connexion”, *Revista de Economía Mundial*, 26, ps. 237-259.
- TEZANOS, S., MADRUEÑO, R. and GUIJARRO, M. (2009): “Impacto de la ayuda sobre el crecimiento económico. El caso de América Latina y el Caribe”, *Cuadernos Económicos, Información Comercial Española*, 78, ps. 187-220.
- WORLD BANK (2011): *World Development Indicators 2011*, Washington DC.

## 6. Annexes

**Table A1.** Countries and periods included in the regression analysis

<i>n</i>	<i>Country</i>	<i>Periods</i>
1	Algeria	1993-1996
2	Argentina	1993-1996, 2005-2008
3	Bangladesh	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
4	Belize	2005-2008
5	Benin	2001-2004
6	Bolivia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
7	Brazil	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
8	Burundi	1993-1996, 2005-2008
9	Cambodia	2005-2008
10	Cameroon	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
11	China	2005-2008
12	Colombia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
13	Costa Rica	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
14	Ivory Coast	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
15	Dominican Rep.	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
16	Ecuador	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
17	Egypt	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
18	El Salvador	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
19	Gambia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008

<i>n</i>	<i>Country</i>	<i>Periods</i>
20	Ghana	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
21	Guatemala	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
22	Honduras	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
23	India	2005-2008
24	Indonesia	2005-2008
25	Iran	2001-2004, 2005-2008
26	Jamaica	2001-2004, 2005-2008
27	Jordan	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
28	Kenya	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
29	Korea	1993-1996, 1997-2000
30	Malawi	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
31	Malaysia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
32	Maldives	2005-2008
33	Mali	2005-2008
34	Mauritania	1993-1996
35	Mexico	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
36	Mongolia	2001-2004, 2005-2008
37	Morocco	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
38	Mozambique	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
39	Nepal	2001-2004
40	Nicaragua	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
41	Niger	2005-2008
42	Pakistan	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
43	Panama	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
44	Paraguay	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
45	Peru	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
46	Philippines	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
47	Ruanda	2001-2004, 2005-2008
48	Senegal	1997-2000, 2005-2008
49	South África	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
50	Sri Lanka	1993-1996, 2001-2004, 2005-2008
51	Swaziland	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
52	Tanzania	1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
53	Thailand	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008

<i>n</i>	<i>Country</i>	<i>Periods</i>
54	Togo	2005-2008
55	Tunisia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
56	Turkey	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
57	Uganda	1993-1996, 1997-2000, 2005-2008
58	Uruguay	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
59	Venezuela	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
60	Vietnam	2005-2008
61	Yemen	2001-2004, 2005-2008
62	Zambia	1993-1996, 1997-2000, 2001-2004, 2005-2008
63	Zimbabwe	1993-1996

**Table A2.** Variables' description and information sources

<b>Variable</b>	<b>Variable Code</b>	<b>Description</b>	<b>Source</b>
Average rate of GDP per capita	<i>G</i>	Constant prices, US \$, (year 2000=100).	World Bank(2011)
ln (GDP per capita)	ln <i>GDPpc0</i>	Natural logarithm of the GDP per capita of the initial year. Constant prices, US \$, (year 2000=100).	World Bank (2011)
Papers	<i>Papers</i>	Number of scientific papers per 100 people.	World Bank (2011)
ln (ODA <sup>ST</sup> )	ln <i>ODA<sup>ST</sup></i>	Natural logarithm of the percentage of total donors' ODA-ST commitments over GDP in each period. Constant prices, US dollars, base year 2000.	DAC (2011)
Governance	<i>Governance</i>	Arithmetic average of six dimensions of governance.	Kaufmann <i>et al.</i> (2011)
Trade volatility	<i>Voltrade</i>	Percentage of export prices index over import prices index (year 2000=100).	World Bank (2011)
Tropical	<i>Tropical</i>	Proportion of the total area of the territorial land of a country situated within the tropics.	Gallup, Sachs and Mellinger (1999)
ln (ODA <sup>nonST</sup> )	ln <i>ODA<sup>nonST</sup></i>	Natural logarithm of the percentage of total donors' ODA-non-ST commitments over GDP in each period.. Constant prices, US dollars, base year 2000.	DAC (2011)
Human capital	<i>Kh</i>	Arithmetic average of the number of years of educational attainment among people over 25 years old.	World Bank (2011)

Variable	Variable Code	Description	Source
Gini	<i>Gini</i>	Geometric average of the Gini index values for each country in each period.	World Bank (2011)
Oil exports	<i>Expoil</i>	Percentage of oil exports over total merchandise exports.	World Bank (2011)
Inflation	<i>Inflation</i>	Rate of inflation.	World Bank (2011)

Average growth rates are calculated according to the general formula  $\left(\sqrt[T-t_0]{y_T/y_{t_0}} - 1\right) \times 100$ , where  $y_{t_0}$  and  $y_T$  are, respectively, the values of the variable at the initial and the last year of each four-year period.

The average of each variable for each country in the studied period is calculated by means of the geometric average since this is a more suitable location measure when dealing with ratios and indices, and because it is less sensitive to outliers. The exception to this rule are the governance and human capital variables; since they are not expressed as rates, we calculate the corresponding arithmetic averages.

**Table A3.** Descriptive statistics

Variable		Obs.	Average	Standard deviation	Min.	Max.
<b>G</b>	Total	183	1.8287	1.9476	-5.7961	8.5477
	Between	63		1.7671	-2.4056	8.5477
	Within			1.3815	-1.8403	6.2448
<b>lnGDPpc0</b>	Total	183	7.042	1.0819	4.6731	9.2583
	Between	63		1.1069	4.8181	9.1380
	Within			0.0936	6.7943	7.3203
<b>Papers</b>	Total	183	0.5862	0.2655	0.0090	10.9092
	Between	63		0.2648	0.0207	6.9830
	Within			0.1342	-3.3400	4.5124
<b>ODA<sup>ST</sup></b>	Total	183	0.1756	0.2655	0.0007	1.9104
	Between	63		0.2648	0.0014	1.0621
	Within			0.1341	-0.7245	1.0758

Variable		Obs.	Average	Standard deviation	Min.	Max.
<b>ln ODA<sup>ST</sup></b>	Total	183	-2.8513	1.7027	-7.2456	0.6473
	Between	63		1.7034	-6.7214	0.0312
	Within			0.6142	-5.3897	-1.1395
<b>ODA<sup>ST</sup> · papers</b>	Total	183	0.0445	0.0899	0.0001	0.7814
	Between	63		0.0708	0.0001	0.3863
	Within			0.0491	-0.1983	0.4396
<b>ODA<sup>ST</sup> · Governance</b>	Total	183	-0.0760	0.1950	-2.2434	0.1254
	Between	63		0.1811	-1.1721	0.0377
	Within			0.1217	-1.1473	0.9953
<b>ODA<sup>ST</sup> · Voltrade</b>	Total	183	18.7955	30.4775	0.0952	233.7459
	Between	63		31.6980	0.1628	132.1072
	Within			14.8829	-90.294	127.8849
<b>ODA<sup>ST</sup> · Tropical</b>	Total	183	14.1311	24.4775	0.0000	191.0367
	Between	63		24.8196	0.0000	101.0172
	Within			12.7275	-75.8884	104.1506
<b>ODA<sup>nonST</sup></b>	Total	183	5.2930	7.4722	0.0005	52.2513
	Between	63		7.0265	0.0009	29.5311
	Within			2.7611	-17.4271	28.0132
<b>ln ODA<sup>nonST</sup></b>	Total	183	0.3368	2.1177	-7.6646	3.9561
	Between	63		2.1641	-7.2067	3.2475
	Within			0.392	-1.2793	2.2076
<b>Governance</b>	Total	183	-0.3143	0.4147	-1.449	0.8243
	Between	63		0.3957	-1.227	0.6725
	Within			0.137	-0.8981	0.4260
<b>Kh</b>	Total	183	1.4314	0.6151	0.1992	4.1162
	Between	63		0.6376	0.2345	3.5581
	Within			0.1658	0.7603	2.6662
<b>Gini</b>	Total	183	45.6722	7.9283	30.1300	61.7800
	Between	63		7.4700	30.6788	58.5138
	Within			2.1440	37.9084	52.5897
<b>Expoil</b>	Total	183	11.6156	21.0033	0.0000	94.5871
	Between	63		22.7763	0.0000	94.5871
	Within			3.8381	-5.0592	36.6309
<b>Inflation</b>	Total	183	11.7956	21.7611	0.3855	254.0078
	Between	63		11.3048	0.6624	68.2105
	Within			17.8202	-51.4828	197.5929

